VERHANDLUNGEN

DES

NATURHISTORISCH-MEDICINISCHEN VEREINS

ZU

HEIDELBERG.

NEUE FOLGE.

ZWEITER BAND.

MIT ELF LITHOGR. TAFELN.

HEIDELBERG.
CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.
1880.

Inhalt.

Ueber die Verbreitung einiger Enzyme im Thierkörper.

Von **W. Kühne.**

Seit Brücke das Pepsin im Fleische und im Harn nachgewiesen hatte, musste man sich fragen, ob die übrigen Verdauungsenzyme nicht ebenfalls ausserhalb des Darmkanales in Säften und Geweben vorkommen. Für die amylolytischen Enzyme (die ich hier kurz Ptyalin nennen werde) besteht zwar in dieser Hinsicht kein Zweifel, aber wir wissen nicht, ob dieselben unter sich übereinstimmen und haben kaum Anlass, ihre Verbreitung auf Resorption aus den Verdauungsorganen zu beziehen. Da der Darmkanal ausserdem noch sehr wichtige Stoffe dieser Art in grosser Anzahl enthält und diese sämmtlich vor dem Pepsin, das nur mit freier Säure wirkt, welche es am ungewöhnlichen Platze niemals findet, durch Wirksamkeit in neutraler und alkalischer Lösung ausgezeichnet sind, so konnte eine Untersuchung über deren weitere Verbreitung im Thierkörper zugleich über die Möglichkeit der Fortsetzung wahrer Verdauungsprocesse in Säften und Geweben entscheiden.

Die folgenden Beobachtungen beziehen sich vorwiegend auf das Trypsin, dessen Fähigkeit, Albumine bis zum Auftreten von Amidosäuren zu zersetzen, ich vor längerer Zeit nachgewiesen habe. Dass das Factum seitdem öfter nachentdeckt worden, ist bekannt und zeigt, welche Wichtigkeit der ersten Nachahmung der Eiweisszerlegung mit

den Mitteln des Organismus allgemein zugeschrieben wird. Es war daher auch eine Untersuchung über das etwaige Vorkommen dieses energischsten aller albuminolytischen Enzyme in andern Verdauungsdrüsen und -Säften, als dem Pankreas und dessen Secrete von Interesse.

Die Methode zur Aufsuchung der Enzyme bestand in Versuchen dieselben zu isoliren oder sie in Mischungen an der specifischen Wirkung, unter Ausschluss täuschender Nebenwirkungen (durch Bacterien u. dergl.) zu erkennen. Da aus Bacterien bisher so wenig, wie aus Hefe (vom Invertin abgesehen) specifisch wirkende Enzyme dargestellt werden konnten, waren Störungen durch solche, überdies völlig hypothetische, lösliche Stoffe nicht zu befürchten. Organe und Säfte wurden lebensfrisch sofort entweder mit absolutem Alkohol behandelt, entfettet und mit geeigneten Mitteln extrahirt, oder mit schwacher Salicylsäure, falls die Lösung nicht sauer sein durfte, mit Thymol und Wasser digerirt und ausgezogen. Die Salicylsäure ist zu solchen Zwecken, wie ich später erfuhr, zuerst von Erlenmeyer verwendet, das Thymol von Paquet und von Levin als Desinficiens untersucht.

1. Verdauungsdrüsen und -Säfte.

1. Sämmtliche *Speicheldrüsen* vom Schweine nach der Methode von Wittich, ganz so, wie Hüfner dieselbe verwendete, behandelt, lieferten einen Körper, der zum kleinsten Theile aus Albuminen, zum grössten aus Mucin bestand. Mucin aus anderer Quelle gewonnen zeigte sich nach Alkoholbehandlung in Glycerin ebenso löslich, wie das hier erhaltene. Im unreinen Zustande haftete demselben etwas Ptyalin an, niemals eine Spur von Trypsin. Ebenso fehlten andere Eiweissverdauende Enzyme. Submaxillardrüsen vom *Hunde* verhielten sich ebenso, nur fehlte auch das Ptyalin, oder es war Zuckerbildung aus Stärke erst nach so langer Zeit nachzuweisen, dass man an Täuschungen durch Organismen oder Enzymsplitter des atmosphärischen Staubes denken konnte. Filtrirter gemischter Speichel des Menschen zeigte selbst auf genuines, uncoagulirtes Eiweiss keine Spur tryptischer oder peptonisirender Wirkung; mit HCl v. 0,1 p. Ct. war in 3—12 Stunden schwache Wirkung auf rohes Fibrin zu beobachten,

die entschieden rascher, als in vorher gekochten Proben verlief. In Uebereinstimmung mit Munk kann dies auf eine Spur von Pepsin bezogen werden.

2. *Magenschleimhaut* vom Hunde und vom Schweine war frei von Ptyalin oder Trypsin, aber es wurde darin ein Körper gefunden, der unter Bildung reichlicher Mengen von Leucin und Tyrosin zerfällt. Nach Vollendung dieser Zersetzung oder bei Ausschluss des betr. Körpers war jeder Anschein tryptischer Wirkung verschwunden. Im Pylorustheile war deutlich Pepsin nachzuweisen. Seit ich erkannt habe, dass die Verdauung mit Spuren von Funduspepsin dieselben Produkte liefert, wie die Pylorusverdauung, stimme ich daher den Angaben von Heidenhain, Grützner, Ebstein u. A. in dieser Hinsicht zu. Die anscheinende Abweichung liegt nur darin, dass das zuerst durch Neutralisation ausfüllbare sog. Parapepton neben Antialbumose sehr bedeutende Mengen von Hemialbumose enthält, welche zu gross sind um in der entstehenden neutralen Salzlösung gelöst bleiben zu können. Die Hemialbumose ist auch die Ursache der schweren, pflasterartig klebenden Beschaffenheit des Niederschlages.

3. *Darmschleimhaut* vom Hunde, vom Schweine und vom Affen enthielt zuckerbildende Enzyme, Spuren von Trypsin und Pepsin, im Dickdarme weniger als im Dünndarme. Das Thiry'sche Enzym, das ich *Digestin* nennen möchte, konnte mittelst der angegebenen Methoden nicht erhalten oder an der Wirkung erkannt werden. Nach längerem Fasten verarmten die Schleimhäute nicht erkennbar an Enzymen. Im Darmsafte, der aus einer Thiry'schen Fistel 3 Monate nach der Operation gesammelt wurde, fand sich nach den Beobach tungen von Herrn Masloff ein zuckerbildender Körper und kein Trypsin, wohl aber constant etwas Pepsin; Digestinwirkung war mit dem Safte nicht mehr zu erzielen, obwohl die Schleimhaut des Fisteldarmes sich anscheinend normal erhalten hatte und die kräftigste Peristaltik fortwährend bestand.

4. Die *Leber* des Hundes lieferte in den verschiedensten Ernährungszuständen nach der Alkoholbehandlung immer nur sehr zweifelhafte Spuren eines zuckerbildenden Enzyms, niemals Trypsin oder

1*

Pepsin. Der Alkoholniederschlag aus Hundegalle war gleichfalls frei davon. Wo keine Wirkung auf Stärke zu bemerken war, wurde auch Glycogen nicht umgewandelt. Alkoholfällungen aus Ochsengalle fand ich, wie v. Wittich, reich an Ptyalin.

II. Säfte und Gewebe.

1. *Blut* vom Rinde und vom Hunde enthielt niemals Trypsin, dagegen reichlich Ptyalin. Pepsin wurde nur im Hundeblute gefunden, häufig in sehr bemerkbarer Menge in dem daraus durch Schlagen gewonnenen Fibrin und selbst bei hungernden Thieren.

2. *Chylus* vom Hunde enthielt ausnahmslos viel Ptyalin (schon von Grohe beobachtet), sehr geringe Spuren Pepsin, niemals Trypsin. In den Lymphdrüsen des Mesenteriums war keins der genannten Enzyme nachzuweisen.

3. *Muskeln* vom Rinde und Hunde gaben sehr schwache Pepsin- und Ptyalin-Wirkung; Trypsin war darin niemals zu entdecken.

4. *Gehirn* vom Ochsen, vollkommen mit kaltem Alkohol und mit Aether extrahirt, gab Lösungen, welche in 2—7 Stunden aus Stärke Zucker bildeten, mit HCl 0,1 p. Ct. in 7 Stunden unverkennbare Pepsinwirkung zeigten, aber stets frei von Trypsin waren.

5. *Milz* vom Rinde und vom Hunde enthielt, ausser Spuren zuckerbildenden Enzyms, kein anderes.

6. *Knochenmark* vom Kalbe und vom Ochsen zeigte sich ganz frei von Enzymen.

7. *Lunge* vom Kalbe und vom Ochsen, genau nach Hüfner behandelt, gab Mucin, keine Spur Trypsin, sehr geringe Mengen zuckerbildender Stoffe und Spuren von Pepsin.

8. *Thymus* enthielt nur geringe Spuren von Pepsin.

9. Der Inhalt einer Struma cystica zeigte nur Spuren von Ptyalin und Pepsin; eine Ovarialcystenflüssigkeit, die viel Paralbumin enthielt, wurde auffallend reich an Pepsin gefunden (Verdauung in 1 ½ Stunden), sehr arm an Ptyalin und frei von Trypsin.

10. In der *Niere* des Hundes war kein Pepsin oder Trypsin,

Ptyalin dagegen deutlich nachzuweisen. Menschlicher *Harn* wurde vergeblich auf Trypsin untersucht; dagegen gelang der Nachweis des Pepsins, ebenso der des ziemlich reichlich darin enthaltenen Ptyalins.

Der vorstehenden Uebersicht ist hinzuzufügen, dass in keinem der Säfte und Gewebe ein dem Digestin ähnlicher Körper entdeckt werden konnte und dass niemals unter zuverlässigem Ausschlusse der Fäulniss bei alkalischer oder neutraler Reaction Bildung von Pepton, Leucin, Tyrosin oder einem mit Brom oder Jod sich violet färbenden Körper zu constatiren war.

Demnach ist das Vorkommen von Trypsin ausschliesslich auf das Pankreas und den Darminhalt beschränkt und das anscheinende Auftreten desselben in der Darmschleimhaut, nach den Versuchen an der Thiry'-schen Fistel, auf blosse Verunreinigung der Darmoberfläche mit Pankreassaft zurückzuführen. Der Gedanke, Eiweisszersetzungen im Thierkörper resorbirtem oder ausserhalb des Pankreas sich bildendem Trypsin zuzuschreiben, wird damit ebenso abgewiesen, wie alle Angaben, welche das Auftreten von wahren Fäulnissprodukten, wie des Indols, von SH_2 u. s. w., neben den tryptischen Zersetzungsprodukten thierischer Albumine aus der Wirkung praeexistirender Enzyme herzuleiten suchen. Ganz besonders ist die Behauptung zurückzuweisen, dass es eine Fibrinzersetzung mit Indolbildung, unter Aether, ohne gleichzeitiges Auftreten von Fäulnissorganismen gebe, denn Bacterienentwicklung wird unter hohen Aetherschichten und in mit Aether gesättigten, wässrigen Flüssigkeiten zwar verlangsamt, aber durchaus nicht verhindert. In eingeschmolzenen, anscheinend reinen, thierischen Säften, Transsudaten u. dergl. ist ausnahmslos Trübung durch niedere Organismen mikroskopisch zu constatiren, wenn sich darin Peptone, Leucin und Tyrosin bilden. Natürlich ist hier und beim Fibrin unter Aether die Untersuchung *zur Zeit* der Zersetzung auszuführen, nicht beliebig später, da Bacterien nicht durch Unsterblichkeit bevorzugt sind.

Für die Erklärung der Bacterienfäulniss mittelst in den niederen Organismen enthaltener Enzyme fehlt endlich zur Zeit jede thatsächliche Basis, weil es noch Niemandem gelungen ist, albuminolytische Enzyme aus Bacterien zu isoliren.

Indem ich mir ausführliche Mittheilung der Versuchsresultate, insbesondere sofern sie diese spezielle Frage betreffen, vorbehalte, möchte ich mir hier nur einige Bemerkungen erlauben, die sich auf die Flüssigkeitsströmung im Augeninnern überhaupt beziehen:

1) Die Existenz des von Knies beschriebenen Abflusswegs (Virchow's Arch. B. 65), der seinen Anfang am ligament. pectinat. nimmt und ungefähr zwischen innerem und mittlerem Drittel der Sclera nach hinten verläuft — kann ich bestätigen; als eine wichtige Ergänzung kann ich in Betreff seines Verlaufes hinzufügen, dass er nicht „allmählig in der Sclera verschwindet“, sondern bis gegen den hinteren Pol des Auges zu verfolgen ist — immer ungefähr in derselben Schichte der Sclera verlaufend — und hier (wie ich dies bei einigen gut gelungenen Injectionen sah) in bestimmter Entfernung vom Sehnerveneintritt rechtwinklig umbiegt und nach aussen führt.

2) Färbung der Cornea trat nicht „nur nach vorhergegangener Punction der vorderen Kammer“ ein; sie wurde fast nie vermisst. Die Kittleisten des Epithels der Descemeti sind dabei sehr intensiv gefärbt. — Ob es beim Durchgang durch die Descemet'sche Membran besondere Stellen sind, welche die Flüssigkeit nimmt, liess sich bis jetzt noch nicht entscheiden. In der Hornhautsubstanz sind es die sog. Hornhautkörperchen, welche gefärbt erscheinen, wie dies deutlich überall da hervortritt, wo die Färbung keine zu intensive ist.

3) Nach gelungenen Injectionen sieht man auch Blaufärbung längs der Wandung von ins Auge tretenden Gefässen.

4) Ein Theil der injicirten Flüssigkeit nimmt ihren Abfluss durch den Sehnerven.

5) Bei den meisten Versuchen war nur die hintere Linsenhälfte gefärbt und hier waren es nur die alleräussersten Schichten, welche lebhafte Färbung zeigten. Die Färbung betrifft die zwischen den Linsenfasern befindliche Kittsubstanz.

An der hinteren Linsenkapsel sieht man nach dem Aequator zu ein sehr zierliches Mosaik von unregelmässig 6-seitigen Feldern. Es ist ganz dieselbe Zeichnung, wie man sie an der Kittsubstanz von Epithelien findet. Die Grenzlinien sind nicht gerad, sondern erschei-

nen leicht zackig. Neben diesem zierlichen Mosaik nach dem Aequator lentis zu sieht man nach dem hinteren Linsenpol zu noch ein andersartiges, viel gröberes Maschenwerk, resp. Fachwerk, dessen Seiten Räume einschliessen, die der Lage und der Grösse nach mit den von dieser Stelle beschriebenen „lichten Kugeln" übereinstimmen dürften. Gewöhnlich wird angenommen, dass diese „lichten Kugeln" durch Gerinnung einer zwischen Linse und Linsenkapsel befindlichen geringen Flüssigkeitsmenge entstehen.

Wird es schon unverständlich, wie bei einer derartigen angenommenen Gerinnung die injicirte Flüssigkeit sich nur um die „Gerinnungskugeln" herum findet, so liegt es nach solchen Bildern näher, anzunehmen, dass es sich hier um kugelförmig anschwellende Endigungen von Linsenfasern handelt, mögen nun diese Endanschwellungen erst postmortan entstanden sein oder schon zu Lebzeiten bestanden haben. Es würde zu Gunsten dieser Auffassung sprechen, dass man auch an den nächst nach innen von den „lichten Kugeln" (resp. den erwähnten, von blau gefärbten Scheidewänden umgebenen Räumen) liegenden Linsenfasern sieht, wie die blau gefärbte Kittsubstanz zwischen den Linsenfasern hier nicht — wie weiter nach innen — in Form regelmässiger Parallelstreifen erscheint, sondern Ausbuchtungen (wie partiellen Anschwellungen der Linsenfasern entsprechend) zeigt.

Das hier Gesagte bezieht sich nur auf Injectionen von Ferrocyankaliumlösungen in den Glaskörpern von Kaninchen.

Bei Ausführung der Injectionen, die mit freundlicher Erlaubniss von Herrn Geheim-Rath Kühne in dessen Laboratorium vorgenommen wurden, überzeugte ich mich bald, dass die Handhabung der Spritze, insbesondere das Aufziehen und Niederdrücken des Spritzenkolbens mit freier Hand zu unsicher ist. Die Spritze wurde daher in einem Mantel verschieblich an einem festen Stativ angebracht und der Spritzenkolben mit einer Schraube heruntergedrückt.

Während der Injection und nachdem die Canüle herausgezogen war, wurde immer geprüft, ob nicht neben der Canüle, resp. aus dem Ausstichspunkt, injicirte Flüssigkeit aussickere.

Davon, dass nach gelungener Injection die Injectionsmasse gleich

nach vollendeter Einspritzung nur mitten im Glaskörper liegt, überzeugte ich mich, indem ich lösliches berliner Blau injicirte. Als der Bulbus gleich darnach enucleirt und das Auge geöffnet worden war, zeigte sich die injicirte blaue Masse nur inmitten des Glaskörpers; in der Richtung des Stichkanals war kein blauer Streifen zu sehen.

Heidelberg, im Mai 1877.

Der Einfluss des Lichtes auf elektrische Spannung in Metallen.

Vorgetragen von **Richard Börnstein.**

Dass das elektrische Verhalten von Metallen durch Lichtstrahlen eine Einwirkung erleidet, welche aus blosser Temperaturerhöhung nicht hervorgehen kann, ist durch neuere Untersuchungen zweifellos festgestellt. Es findet solche Einwirkung in zweierlei Hinsicht statt, nämlich mit Aenderung entweder des elektrischen Leitungswiderstandes (und zwar Abnahme) oder der elektrischen Spannung. Die Literatur bezüglich der Abhängigkeit des Widerstandes von der Belichtung habe ich in meiner Habilitationsschrift[1]) S. 8 ff. zusammengestellt. Ueber Spannungsänderung in Folge von Belichtung haben wir Beobachtungen von Becquerel[2]), Grove[3]), Pacinotti[4]), Hankel[5]), Adams und Day[6]).

---

[1]) Der Einfluss des Lichtes auf den elektrischen Leitungswiderstand von Metallen. Heidelberg. Carl Winter's Universitätsbuchhandlung. 8⁰. 1877.

[2]) Becquerel, Compt. rend. t. IX. p. 145 und p. 561. 1839. Compt. rend. t. XIII. p. 198, auch Biblioth. univ. de Genève, nouv. sér. t. XXXV. p. 136. 1841, sowie Ann. de chimie et de phys. (3) t. IX. p. 257. 1843. Compt. rend. t. XIV. p. 901, auch Biblioth. univ. de Genève, nouv. sér. t. XL. p. 341. 1842. Compt. rend. t. XXXII. p. 83, auch Ann. de chimie et de phys. (3) t. XXXII. p. 176. 1851.

[3]) Grove, Rep. on the Meeting of the Brit. Assoc., Leeds, Sept. 1858, auch Phil. Mag. (4) vol. XVI. S. 426. 1858.

[4]) Pacinotti, Cimento t. XVIII. p. 313. 1863.

[5]) W. Hankel, Sitzungsber. der math.-phys. Kl. der K. Sächs. Ges. d. W., 1875, auch Annalen der Physik und Chemie (neue Folge), herausgeg. von Wiedemann, Bd. I. S. 402. 1877.

[6]) Adams und Day, Proc. Roy. Soc. vol. XXXV. No. 172. p. 113. 1876.

Die vier erstgenannten Forscher untersuchten die elektrischen Vorgänge, welche stattfanden, wenn von zwei in die gleiche Flüssigkeit getauchten Platten eines Metalls die eine belichtet wurde, während beide mit den Drahtenden eines empfindlichen Galvanometers verbunden waren. Hierbei ergaben sich bestimmte Modifikationen der chemischen Vorgänge unter Einwirkung der verschiedenen Lichtarten, diese Modifikationen erzeugten an der belichteten Platte einen andern elektrischen Zustand, als an der zweiten im Dunkeln befindlichen, und demzufolge zwischen beiden Platten einen elektrischen Strom, den man im Galvanometer messen konnte. Bei Grove, Pacinotti und Hankel finden sich auch Angaben über die Aenderungen, welche eintraten, wenn geleitete Wärme statt des Lichtes auf eine der beiden Metallplatten einwirkte. Grove fand keine Einwirkung der Wärme auf das eine von zwei in schwach angesäuertem Wasser stehenden Platinblechen; er schreibt die ganze Strahlenwirkung der durch Licht beförderten galvanischen Polarisation zu. Blaues Licht wirkte viel stärker als gelbes, rothes am Schwächsten, so dass Grove schliesst, es seien bei diesen Vorgängen die „chemischen", nicht die „Wärmestrahlen" der Sonne wirksam, weil für letztere die Farben in umgekehrter Reihe stehen müssten. Pacinotti theilt mit, dass von zwei in schwefelsaurem oder salpetersaurem Kupferoxyd stehenden Kupferplatten, die belichtete stets negativ gegen die andere wurde, wenn Sonnenlicht oder wenn die Strahlen einer Petroleumlampe oder einer erhitzten Eisenplatte darauf fielen. Als er dagegen zwei kupferne Kästchen von verschiedener Grösse isolirt ineinander setzte, und Wasser von verschiedener Temperatur in den Zwischenraum und in das innere Kästchen brachte, verhielt sich das warme Kupfer positiv gegen das kältere. Hankel fand warmes Kupfer stets negativ gegen kaltes; von seinen in Wasser getauchten Kupferplatten wurde, wenn sie blank geputzt waren, beim Bestrahlen mit Sonnenlicht die belichtete negativ, dagegen trat die positive Veränderung um so stärker hervor, je mehr das Kupfer mit Oxyden und Salzen bedeckt war. Einige Volta'sche Säulen verhielten sich in entgegengesetzter Weise unter Einfluss von Belichtung und Erwärmung. Bezüglich der ausserdem von ihm unter-

suchten Platten aus Silber, Zinn, Messing, Zink, Platin theilt Hankel nur die Lichtwirkung mit, keine Versuche über Erwärmung.

Bei allen diesen Experimenten fanden die elektrischen Ströme gleichzeitig mit chemischen Vorgängen statt, und zwar, wie einige der genannten Physiker annehmen, in Folge derselben. Es scheint aber, dass auch ohne chemische Vorgänge elektrische Ströme durch Licht hervorgerufen werden können, ähnlich wie die thermoelektrischen Ströme, deren Zustandekommen auch keiner chemischen Umsetzung bedarf.

Solche Ströme, welche durch Licht in einem lediglich metallischen Schliessungskreise erzeugt werden, sind, soweit mir bekannt, bisher nur beobachtet und beschrieben von Adams und Day in der oben angeführten Arbeit. Dieselben geben an, dass in manchen der von ihnen untersuchten Selenstücke durch theilweise Belichtung eine Potentialdifferenz, und dementsprechend ein elektrischer Strom entstanden sei, und ferner, dass in den Stellen, wo die Zuleitungsdrähte aus Platin angeschmolzen waren, die Belichtung einen Strom von umgekehrter Richtung ergeben habe, als einem thermoelektrischen Strom zugekommen wäre.

Die im Folgenden mitgetheilten Beobachtungen, durch welche ich an einigen anderen Metallen die gleiche Eigenschaft nachzuweisen suchte, ergaben das nämliche Verhalten der fünf untersuchten Substanzen Silber, Platin, Kupfer, Gold, Aluminium, und machen demnach das Analoge für die übrigen Metalle sehr wahrscheinlich. Alle benutzten Metallplatten lagen auf rechteckigen Glastafeln, deren beide Hälften von zwei verschiedenen Metallen überdeckt waren. Diese Tafeln hatten 80 und 100 mm. Seitenlänge, nur die Platten, welche Platin enthielten, hatten 45 und 70 mm. Seitenlänge. Das Silber war nach Martin'scher Methode niedergeschlagen, Platin auf Spiegelglas eingebrannt, Kupfer, Gold und Aluminium wurde in dünnen Blättchen untersucht, wie sie vom Vergolder benutzt werden und im Handel vorkommen. Solche Blättchen kann man auf Wasser legen und mit der zu überziehenden Glasplatte herausheben; wenn man hierauf die noch an der Platte haftenden Wassertropfen durch gelindes

Erwärmen entfernt, so legt die Metallschicht sich innig an das Glas an. In der Mittellinie jeder Platte, wo die Verbindungsstelle beider Metalle war, lagen diese in einer gemeinsamen Schicht von 15—20 mm. übereinander. Von den Platten war Silber blau, Platin grau, Gold grün durchscheinend, Kupfer und Aluminium undurchsichtig. Eine chemische Analyse ergab im Kupfer geringe Mengen von Zinn und Spuren von Eisen, das Gold war ohne merkliche Beimischung, und das Aluminium enthielt Spuren von Eisen. Um leitende Ansätze an diese Platten befestigen zu können, waren Stanniolstreifen an den schmalen Seiten auf das Glas geklebt. Die Schichten von Silber und Platin wurden durch aufgelegte Streifchen von Aluminium mit dem Stanniol verbunden, während die Blätter aus Kupfer, Gold und Aluminium auf dem Rande der Stanniolstreifen auflagen und so die Leitung herstellten. An die beiden Stanniolstreifen jeder Platte waren kupferne Drähte gelöthet, und behufs besserer Haltbarkeit die Drähte mit Colophoniumkitt umhüllt. Dann wurden schliesslich noch über die Verbindungsstellen zwischen dem Stanniol und den zu untersuchenden Metallschichten schwarze Papierstreifen geklebt, mit der schwarzen Seite dem Metall zugekehrt, um alle Strahlen von den Ansatzstellen abzuhalten, und so waren die Platten zur Untersuchung fertig.

Die Beobachtungen geschahen an einem Multiplikator mit astasirtem Magnet und Spiegelablesung, welcher durch einen Commutator mit der zu untersuchenden Platte in Verbindung stand und durch diese geschlossen wurde. Durch Wenden dieses Commutators konnte das Vorhandensein jeder elektromotorischen Kraft zweifellos nachgewiesen werden; und die Ablesungen bei entgegengesetzten Stellungen des Commutators waren immer um den doppelten Betrag der zu beobachtenden Ablenkung von einander verschieden. Die Ruhelage der astasirten Multiplikatornadel war constant bis auf geringe Aenderungen, die in Folge von Temperaturschwankungen eintraten. Diese Aenderungen fanden aber so allmählig statt, dass sie mit den hier mitgetheilten Vorgängen nicht verwechselt werden konnten, und das um so weniger, als die Ausschläge, welche aus der Wirkung der Metallplatten herrührten, in ihrer Richtung beliebig gewechselt werden

konnten und wurden. Die Empfindlichkeit war derartig, dass mit einem einfachen thermoelektrischen Element aus Eisen- und Neusilberdraht eine Ablenkung bis zu 300 mm. erzielt wurde, wenn man die Löthstelle mit der Hand erwärmte. Die Entfernung zwischen Spiegel und Skala betrug dabei etwa 2¼ Meter. Jede der erwähnten Platten wurde beim Beginn der Beobachtungen mit einem schwarzen Tuch verhüllt und in diesem Zustande belassen, bis ein etwaiger Ausschlag im Multiplikator verschwunden war. Diese Vorsicht war nöthig, weil mitunter in den frisch verbundenen Apparattheilen Temperaturverschiedenheiten vom Anziehen der Klemmschrauben oder von der Körperwärme des Beobachters oder dergl. entstanden waren. Zeigte dann der Multiplikator keinerlei veränderten Stand bei beiden Stellungen des Commutators, so wurde die Platte enthüllt und zunächst dem diffusen Tageslicht ausgesetzt, wobei mitunter schon ein geringer Ausschlag merkbar war. Derselbe nahm alsbald zu, wenn die Platte von ihrer Metallseite her mit Magnesiumlicht beleuchtet wurde. Die einfachen Ausschläge, d. h. die halben Differenzen der äussersten Ruhelagen des Magnets bei beiden Stellungen des Commutators, betrugen unter Einwirkung von Magnesiumlicht zwischen 1 und 4 mm. Jede Platte wurde, nachdem sie diese Erscheinung gezeigt hatte, an der Verbindungsstelle der beiden Metalle mit einer Alkoholflamme erwärmt, und dabei entstand dann eine Ablenkung, welche stets der bisherigen entgegengesetzt und meist grösser als diese war. Die Erwärmung der Platten geschah in der Regel von der Glas-Seite her, doch zeigte sich kein anderer Effekt, als man in einigen Fällen die Alkoholflamme in direkte Berührung mit den Metallflächen brachte. Um festzustellen, dass die beim Belichten beobachteten elektrischen Ströme ihren Ursprung wirklich in der metallenen Platte hatten und nicht etwa in anderen Apparattheilen, wurden die Verbindungen zwischen Platte und Commutator mehrfach gewechselt. Dabei fand sich, dass der vom Licht hervorgerufene Strom innerhalb jeder einzelnen Platte immer dieselbe Richtung hatte, also auch in ihr entstehen musste.

Von den angeführten fünf Substanzen wurden neun verschiedene

Combinationen zu zweien untersucht, jede in mehreren Exemplaren, so dass im Ganzen 30 Platten aus je zwei Metallen den Beobachtungen unterworfen wurden. Bei den verschiedenen Exemplaren der gleichen Combination war soweit möglich Rücksicht darauf genommen, dass jedes der beiden Metalle an der Verbindungsstelle sowohl als obere, wie auch als untere Schicht zur Untersuchung kam, ohne dass hierin ein Unterschied bemerkt werden konnte. Nur Silber und Platin mussten, weil fest am Glase anliegend, stets als untere Schicht dienen. Die zehnte mögliche Combination, Platin und Silber, konnte nicht hergestellt werden.

Durch Erwärmen fand sich die thermoelektrische Reihe der untersuchten Substanzen:

+ Silber,
Platin,
Kupfer,
Gold,
Aluminium —.

Dabei ist die Reihenfolge der beiden ersten Metalle nach den Ergebnissen mehrerer anderer Forscher angenommen, direkt untersucht konnte das Verhältniss von Silber und Platin nicht werden.

Unter dem Einfluss der Lichtwirkung ordnen sich die Metalle in umgekehrter Reihe:

+ Aluminium,
Gold,
Kupfer,
Platin,
Silber —,

wobei wieder auf das Verhältniss zwischen Silber und Platin nur aus der Analogie geschlossen ist.

Ferner wurden Platten aus nur einem Metall untersucht, die im Uebrigen auf die beschriebene Weise hergestellt waren. In einer solchen Goldplatte entstand gleichfalls ein Strom beim Belichten, und ein umgekehrter bei gelindem Erwärmen. Hier wie in den Versuchen von Adams und Day mit theilweise belichteten Selenstücken ist

wohl anzunehmen, dass die Substanz nicht homogen war und sich darum verhielt, wie eine Combination verschiedener Metalle. Andere Platten, die nur aus Silber oder nur aus Aluminium bestanden, zeigten keine elektromotorische Kraft unter Einwirkung des Lichtes.

Wenn statt des Magnesiumlichtes Sonnenstrahlen unzerlegt auf die aus zwei Metallen bestehenden Platten fielen, war immer nur ein thermoelektrischer Strom bemerkbar, analog den Erscheinungen an bestrahlten Silberplatten, deren Widerstand durch volles Sonnenlicht wuchs, während er unter Einwirkung einzelner Lichtarten abnahm (s. die oben citirte Habilitationsschrift des Verfassers, S. 41).

Erklären könnte man die vorstehend mitgetheilten Erscheinungen vielleicht entsprechend wie die thermoelektrischen Ströme. Wenn letztere ihren Ursprung dem Umstand verdanken, dass die Spannungsdifferenz an der Contaktstelle zweier Metalle durch Erwärmung geändert wird, so wäre es dementsprechend denkbar, dass auch durch Eindringen von Lichtstrahlen die Spannungsdifferenz geändert wird. Es braucht bei dieser Voraussetzung nicht angenommen zu werden, dass die Lichtwirkung an der Contaktstelle der beschriebenen Metallplatten durch das obere Metall hindurch auch noch das untere beeinflusse. Schon eine Belichtung der obern Schicht allein kann die Spannungsdifferenz zwischen beiden modificiren.

Hiernach kamen bei allen angeführten Versuchen gleichzeitig zwei Einflüsse der Lichtstrahlen zur Geltung. Einmal wurden Strahlen absorbirt, erhöhten die Temperatur des absorbirenden Körpers und änderten auf diese Weise indirekt sein elektrisches Verhalten. Dann aber muss es noch eine zweite Einwirkung der Strahlen geben, da die Effekte von Licht und Wärme hier wie in vielen Versuchen anderer Beobachter entgegengesetzt waren. Wenn nun die Lichtwellen in dieser zweiten Art noch anders wirken, als bei ihrer Absorption geschähe, so ist die Annahme geboten, dass solche Strahlen, welche durch das belichtete Metall hindurchgehen oder doch bis zu einer gewissen Tiefe in dasselbe eindringen, hierbei direkt die beobachteten Aenderungen in elektrischer Leitungsfähigkeit und Spannung herbeiführen, welche von Erwärmung nicht herrühren können. Dem-

nach müssten verschiedene Lichtarten um so grössere Lichtwirkung bei einem Metall erzielen, je mehr dieses für sie durchlässig ist. Insofern bei derartiger Wirkung die Strahlen einen Theil ihrer lebendigen Kraft abgeben, findet auch hier eine Absorption statt, aber verschieden von dem gewöhnlich mit diesem Wort bezeichneten Vorgang, bei welchem man direkte Umsetzung der Energie in Wärme annimmt.

Lässt man den vorstehenden Versuch einer Erklärung für die elektrische Lichtwirkung gelten, so entsprechen die vom Licht hervorgerufenen Ströme in mancher Hinsicht den thermoelektrischen. Man könnte dies Verhältniss vielleicht dadurch ausdrücken, dass man die Ströme, welche ohne chemische Umsetzung durch Licht entstehen, als photoelektrisch bezeichnet.

Will man die an 5 Metallen (Silber, Platin, Kupfer, Gold, Aluminium) gefundenen Ergebnisse auf die übrigen Metalle ausdehnen, so ist das Resultat dieser Untersuchung:

In einem aus zwei Metallen gebildeten Kreise entsteht ein photoelektrischer Strom, wenn die beiden Verbindungsstellen verschieden starker Einwirkung von Lichtstrahlen ausgesetzt sind.

Wirkt auf die nämliche Verbindungsstelle in einem Falle erhöhte Temperatur, und in einem andern Falle stärkere Bestrahlung, so haben die in beiden Fällen erregten Ströme, der thermoelektrische und der photoelektrische, entgegengesetzte Richtung.

Heidelberg, den 3. August 1877.

Beobachtungen über Bau und Entwicklung der Orchideen.

Vorläufige Mittheilungen von E. Pfitzer[1]).

(Vorgelegt den 7. Juli und 3. August 1877.)

4. Ueber die Umdrehung der Orchideenblüthen.

Schon in meiner ersten Mittheilung[2]) zur Physiologie der Orchideen ist erwähnt worden, dass Blüthen von *Dendrobium nobile* auch im Dunkeln die bekannte Drehung des Fruchtknotens um 180° vollziehen, entgegen der von Hofmeister[3]) — allerdings hinsichtlich der Ophrydeen — gemachten Angabe, nach welcher das Licht die Drehung bewirkt. Es wurde ferner die Vermuthung ausgesprochen, dass die Lage der Blüthe zur Lothlinie massgebend sei, somit die Schwerkraft die Drehung veranlasse.

Ich habe nun inzwischen zunächst Hofmeister's Angabe auch an Ophrydeen geprüft und auch hier gefunden, dass Blüthen von *Orchis maculata* und *Gymnadenia conopea* selbst in tiefster Finsterniss die Drehung ausführen. Nur ganz vereinzelte Blüthen bleiben ungedreht — eine Erscheinung, welche aber auch an normal im Licht entwickelten Blüthenständen gar nicht selten ist. Das Licht kann somit nicht wohl als Ursache der Drehung angesehen werden — wir werden uns noch überzeugen, dass auch eine Nachwirkung früherer Beleuchtung nicht stattfindet.

---

1) Mittheilung 2 und 3 vergl. Flora 1877. S. 241.

2) Vgl. diese Verhandlungen I. S. 493.

3) Allgemeine Morphologie der Gewächse S. 626.

Um zu prüfen, welche thatsächliche Abhängigkeit von äusseren Kräften besteht, habe ich dann Blüthenstände von den genannten Arten sich im Licht, wie im Finstern in umgekehrter Stellung entwickeln lassen. Es wurden bei kräftigen Topfpflanzen die Inflorescenzen so umgebogen und an der Spitze befestigt, dass der mit Knospen bedeckte Theil senkrecht abwärts stand. Die Blüthenstände wurden so gewählt, dass die ältesten Knospen ganz, die meisten aber noch gar nicht gedreht waren. An diesen letzteren Knospen stand nun bei der jetzigen Richtung der Inflorescenz das Labellum schon ohne Drehung nach dem Erdboden hin.

War die Drehung eine autonome, von äusseren Kräften unabhängige, so musste sie auch an den umgekehrten Blüthenständen eintreten. War sie eine Nachwirkung der Beleuchtung, so musste dasselbe wenigstens im Dunkeln der Fall sein. Wenn dagegen die Lage der Blüthe zur Lothlinie orientirend wirkte, so mussten die Knospen, deren Labellum jetzt schon nach unten stand, die Drehung unterlassen.

Das Letztere war das Resultat der Versuche. An den ganz ausgebildeten Inflorescenzen, die ich in Alkohol bewahre, steht, wenn ich den Blüthenstand wieder zur Normallage aufgerichtet denke, an den ältesten Blüthen die Lippe unten, an wenigen folgenden horizontal, an allen oberen, beim Beginn des Versuchs noch nicht gedrehten, oben, d. h. nach der Spitze der Inflorescenz hin.

Es ist somit von entscheidender Bedeutung, welche Stellung die Blüthe während ihrer Entwicklung zur Lothlinie hat: nur wenn diese letztere nicht in die Symmetrieebene der Blüthe fällt, findet Drehung statt, und nur so lange, bis diese Coincidenz erreicht ist. Höchstens überschreitet die Blüthe, wie bei *Dendrobium nobile* erwiesen[1]), zuerst diese Endlage und nimmt sie dann durch eine entgegengesetzte Drehung ein, welches Schwanken sich wiederholen kann.

Es stimmt damit vollkommen überein, dass an horizontalen Blüthenständen die Drehung auch kleinere Bogen, als zwei Rechte macht — sie dauert nur, bis die oben bezeichnete Endlage erreicht

[1]) Diese Verhandlungen I. S. 493.

ist. Inflorescenzen, welche von vorn herein senkrecht abwärts hängen, wie die von *Stanhopea*, zeigen überhaupt keine Drehung des Fruchtknotens, nur wenn sich der Blüthenstand schräg abwärts entwickelt, tritt dieselbe bis zur Abwärtsstellung des Labellums ein.

Wenn wir uns nun eine Vorstellung von der Art und Weise machen wollen, in welcher die orientirende Kraft wirkt, so scheint auf den ersten Blick nichts einfacher, als hier eine Torsion in Folge ungleicher Lastvertheilung anzunehmen, analog wie sie De Vries [1] bei horizontalen, ungleich belasteten Zweigen beschrieben hat. Es spricht dafür das bei *Dendrobium* beobachtete Oscilliren um die Gleichgewichtslage, ferner der Umstand, dass die Lippe im Allgemeinen den grössten und schwersten Theil der Orchideenblüthe darstellt, sowie, dass, wo dies nicht der Fall ist, oft die beiden nächst benachbarten, ursprünglich oberen Sepala sich ausserordentlich entwickeln (*Bolbophyllum*). Selbst dem Einwand, dass es sich nicht um die Lastvertheilung in der geöffneten Blüthe, sondern in der Knospe handle, lässt sich entgegenhalten, dass der Querschnitt der Knospe im Allgemeinen ein stumpfwinkliges Dreieck darstellt, dessen breite Grundfläche nach oben, zur Axe, gewandt ist. Denken wir uns somit die Knospe in Folge des festen Aneinanderschliessens aller Theile solid, so wird doch der Schwerpunkt jedes Querschnittes näher der Grundfläche d. h. nach oben hin liegen, somit nur ein labiles Gleichgewicht vorhanden sein, das durch die Drehung in ein stabiles verwandelt werden würde. Es kommt dazu, dass vielfach der Fruchtknoten ganz excentrisch und zwar nach der Spitze jenes Dreiecks hin angefügt ist, wodurch von vorn herein die bei weitem grössere Last nach der morphologischen Oberseite der Knospe hin fällt.

Das Kriterium musste in diesem Fall ein ähnliches sein, wie in Johnson's Versuch über die Wurzelkrümmung. Wenn es sich lediglich um die Lastvertheilung während der Drehung handelt, so muss ein in geeigneter Weise angebrachtes Gegengewicht im Stande sein, die Drehung zu hindern, eventuell in die entgegengesetzte umzuwan-

[1] Ueber einige Ursachen der Richtung bilateral-symmetrischer Pflanzentheile. Arbeit. des botan. Instit. in Würzburg. II. 1872. S. 272 ff.

deln, da ja die Lage des Schwerpunktes dadurch beliebig verändert werden kann.

An den kleinen Blüthen der Ophrydeen, welche ihre Drehung schon ausführen, während sie noch ziemlich dicht aneinander liegen, wäre es sehr schwierig, derartige Versuche ohne erhebliche Zerrungen zu machen. Ich wählte daher Knospen von *Laelia crispa* und *Zygopetalum Mackayi*, an welchen ich, theils vor beginnender Drehung, theils an Blüthen, die bereits die Symmetrieebene horizontal gestellt hatten, Glas- und Metallstäbchen von bestimmtem Gewicht befestigte. Die Stäbchen trugen seitlich einen oder zwei Kautschukringe, welche so über die Knospe gelegt wurden, dass sie keinen starken Druck ausübten, aber doch das Stäbchen in seiner Lage vollkommen erhielten. Das Letztere befand sich an der Knospe natürlich gegenüber der Lippe, auf der Aussenfläche des ursprünglich untersten Kelchblattes, so dass der Schwerpunkt jetzt nicht mehr nach der Seite des Labellums, sondern nach der entgegengesetzten hin fiel.

Es zeigte sich nun, dass Knospen von *Laelia crispa*, die im Ganzen etwa 5 Gramm, ohne den Fruchtknoten $3\frac{1}{2}$ Gramm wogen, mit Leichtigkeit ein angehängtes Eisenstäbchen von 3 Gramm so lange hoben, bis es senkrecht nach oben stand, ein Gewicht, welches jedenfalls die Differenz der Masse der oberen und unteren Knospenhälfte weit übertraf. Dasselbe geschah bei Knospen von *Zygopetalum*, die mit dem Fruchtknoten etwa 1,6, ohne denselben 1,3 Gramm wogen, nachdem Glasstäbchen von 0,8 Gramm an ihnen befestigt worden waren.

Die Drehung erfolgt somit mit activer Kraft, wie die Abwärtskrümmung der Wurzelspitzen. Eine wesentliche Differenz dieser beiden Erscheinungen liegt aber darin, dass wir bei der Wurzelkrümmung jedesmal eine obere und untere Kante unterscheiden können, welche sich in Folge der Einwirkung der Schwerkraft hinsichtlich ihres Wachsthums entgegengesetzt verhalten, während für die Entstehung einer Torsion die sämmtlichen peripherischen Kanten durch stärkeres Wachsthum in einen Gegensatz zur mittleren Masse des Organs treten müssen. Wir wären hier gezwungen, anzunehmen, dass die Gravitation die

sämmtlichen peripherischen Kanten so lange zu stärkerem Wachsthum im Vergleich mit dem centralen Strang anregt, bis eine bestimmte Kante der Blüthe senkrecht abwärts zu stehen kommt.

Es bleibt jedoch dabei noch die Möglichkeit offen, dass die ungleiche Vertheilung der Last schon auf die ganz jungen Knospen wirkt und hier Verhältnisse hervorruft, deren Folge dann später jene mit activer Kraft geschehende Drehung ist. Das Hinausgehen der *Dendrobium*-Blüthen über die Gleichgewichtslage würde einer solchen Nachwirkung entsprechen. Entscheiden wird sich die Frage erst lassen, wenn Material zu Gebote steht, an welchem man die Knospen schon in sehr jungem Zustand beliebig belasten kann, oder aber an Inflorescenzen, welche ihre ganzen früheren Entwicklungszustände in hängender Stellung durchlaufen haben und welche man in späten Stadien plötzlich aufrichtet. Wenn z. B. eine Blüthenähre ihre Entwicklung in der Stellung vollzieht, dass das Labellum sämmtlicher Blüthen nach dem Erdboden gerichtet ist und wir erst nach Zurückkrümmung der Knospen von der Hauptaxe die Inflorescenz aufrecht oder wagrecht stellen und bei jeder Knospe dem Labellum gegenüber ein Gegengewicht befestigen, so kann von einer Nachwirkung nicht die Rede sein und es wäre allein die oben gegebene Deutung zulässig. Derartige Versuche sollen angestellt werden, sobald unser Orchideenhaus wieder Material bietet.

Zum Schluss sei noch bemerkt, dass das stärkere Wachsthum der zur Axe gewandten Kante des Fruchtknotens, welches die ursprünglich der Inflorescenzaxe anliegende Knospe etwa rechtwinklig zu dieser stellt, nicht von äusseren Kräften abhängt, sondern eine autonome Epinastie ist: es findet im Licht wie im Dunkeln, an aufrechten wie an umgekehrten Inflorescenzen statt.

5. Zur Embryoentwicklung und Keimung der Orchideen.

Die Grundzüge der Embryoentwicklung der Orchideen wurden schon 1846 von Amici[1]) bei *Orchis* beobachtet, nämlich gefunden,

[1]) Botan. Zeit. 1847. S. 364. Flora 1847. S. 249 (mit Abbildungen).

dass der untere Theil der Keimzelle sich zu einem vielzelligen Embryokügelchen, der obere zu einem mehrzelligen Faden entwickelt, welcher zur Mikropyle hinauswächst. Amici's Figuren zeigen deutlich die kugelige Endzelle erst quer, dann deren Tochterzellen längs getheilt (a. a. O. Fig. 7. 10. 15). Die Beobachtungen von Mohl[1]) und Karl Müller[2]) fügen über den Aufbau des Embryokügelchens nichts Wesentliches hinzu.

Hofmeister[3]) schildert den Aufbau wie folgt: Die unterste Zelle des Vorkeims — die erste des Embryo — theilt sich mittelst einer verticalen Wand in zwei wagrecht neben einander liegende Zellen. Die eine derselben entwickelt sich stärker als die andere und drängt diese zur Seite. Hierauf theilt sich die grössere beider Zellen durch eine geneigte Scheidewand; das Embryokügelchen besteht jetzt aus drei Zellen, deren eine als Endzelle erscheint. Durch Theilung der letzteren mittelst senkrechter Wand wird der junge Embryo vierzellig. Wieder überwiegt das Wachsthum einer der Endzellen beträchtlich das der anderen, wieder theilt sich die grössere beider mittelst geneigter Wand. In mehreren der Zellen des nun fünfzelligen Embryo tritt jetzt Zellvermehrung in verschiedener Richtung auf, sowohl durch Scheidewände, welche die Achse des Organs schneiden, als durch solche, die ihr parallel sind. Das Embryokügelchen erscheint zunächst als bestehend aus einer centralen, von einer kugeligen Zellschicht allseitig umgebenen Zelle. Bei *Gymnadenia odoratissima* entwickelt sich bisweilen bis zur Samenreife der Embryo nicht weiter, bei anderen Arten wird sein Bau complicirter und sowohl aus diesem Grunde, als wegen der in seinen Zellen sich häufenden körnigen Stoffe schwer zu ermitteln. Hofmeister lässt also Alles in Allem den jungen Embryo mit einer Scheitelzelle wachsen.

Schacht's[4]) Abbildung der Embryo von *Orchis Morio* zeigt vier über's Kreuz gelegene Zellen; auch gibt er eine Figur, in welcher

---

[1]) Botan. Zeit. 1847. S. 465.
[2]) Ebenda S. 737.
[3]) Entstehung des Embryo der Phanerogamen. 1849. S. 5.
[4]) Entwicklungsgeschichte des Pflanzenembryo S. 34 ff. T. III. p. 26. 27.

bei noch ungetheilter Endzelle die von der Spitze gerechnet zweite Zelle längs getheilt ist — die Zeichnungen weiter entwickelter Embryonen lassen die Zellfolge nicht erkennen. Schacht[1]) fand ferner, dass *Listera* und *Epipactis* gar keinen, *Corallorhiza* und *Sturmia* nur einen zwei-, beziehungsweise einzelligen Embryoträger entwickeln.

Es hat dann noch 1874 Fleischer[2]) einige fertige Embryonen zum Theil von epiphytischen Formen untersucht. Nach ihm bestehen diese Keimlinge aus einigen Dutzenden von Zellen, welche jede Differenzirung, selbst die eines Dermatogens vermissen lassen. Dem unteren Ende hängt ein gewöhnlich aus zwei Zellen bestehender Vorkeim an, dessen obere Zelle bei manchen Arten deutlich in die Keimlingsmasse hineinragt. Der Annahme Hofmeister's, wonach der Embryo mit einer Scheitelzelle wachse, entspricht die Anordnung der Zellen in dem oberen Theil mancher Embryonen, deren oberes Ende sehr schmal ist, nur in geringem Grade, andere, namentlich solche mit dickerem oberen Theil schliessen diese Annahme geradezu aus.

Obwohl es stets misslich ist, aus fertigen Zuständen auf die jüngsten Stadien zu schliessen, so hat Fleischer doch hier das Richtige getroffen, wie die folgende entwicklungsgeschichtliche Darstellung ergibt.

Es sei zuvor bemerkt, dass die Embryonen unserer Orchideen sich zwar leicht aus den Samenknospen herausdrücken lassen, dass sie dagegen in irgend vorgerückteren Entwicklungszuständen dicht mit Fetttröpfchen angefüllt sind und in Folge dessen undurchsichtig schwarz erscheinen; dabei sind die Zellwände äusserst zart. Mit den gewöhnlichen Methoden gelang es mir nicht, Durchsichtigkeit zu erzielen, dagegen sehr wohl, wenn ich die Embryonen in Chloroform aus den Samenknospen herausdrückte. Das letztere löst die Fette sehr schnell, und die Embryonen werden glasartig hell. Da das überaus schnelle Verdunsten des Chloroforms sehr lästig ist, so empfiehlt es sich, dasselbe nach vollendeter Einwirkung durch alkoholische Aetzkalilösung zu verdrängen; man kann dann Wasser zusetzen, ohne dass das Fett

---

[1]) Ebenda S. 60.

[2]) Flora 1874. S. 419.

wieder ausgeschieden wird, und die Präparate bleiben nun durchsichtig und lassen sich in Glycerin aufbewahren.

Die einfachsten Embryonen fand ich bei *Listera ovata*. Hier zerfällt die eiförmige Keimzelle in vier in einer Längsreihe liegende Zellen, welche darauf über's Kreuz Längswände bilden, so dass jedes Stockwerk vierzellig wird. Die Ebenen dieser Längswände fallen theils zusammen, theils sind sie um etwa 45° gegen einander verschoben, so dass die Wände des einen Stockwerks auf die Zellmitten des anderen fallen. Am Stammende des Embryos werden dann tangentiale, zur Aussenfläche parallele Wände gebildet; die inneren Tochterzellen des am meisten entwickelten, von der Spitze gerechnet zweiten Stockwerks theilen sich wohl noch durch weitere Längswände. Auf diesem Stadium bleibt der Embryo stehen.

Vollkommener sind schon die Keimlinge von *Orchis latifolia*. Nachdem sich durch Quertheilung der Keimzelle ein Zellfaden entwickelt hat, schwellen die drei, seltener die vier untersten Zellen der Reihe an, zusammen eine Kugel oder ein Ellipsoïd darstellend. Sie theilen sich dann längs in derselben Weise, wie dies bei *Listera* beschrieben wurde; es bilden sich so 3 bis 4 Stockwerke von je vier kreuzweise gelagerten Zellen. Da die Längswand der Endzelle häufig geneigt ist, so entsteht dadurch der Anschein einer Scheitelzelle — in Wirklichkeit ist eine solche nicht vorhanden. Alle Stockwerke sondern sich dann durch tangentiale Wände in vier centrale und vier peripherische Zellen, welche letzteren jedoch noch weiter tangential sich theilen können, also noch nicht einem Dermatogen äquivalent sind. Die weiteren Theilungen erfolgen mit geringer Regelmässigkeit, doch stehen die meisten Wände parallel oder senkrecht zur Embryoaxe. Die dem Embryo benachbarte Vorkeimzelle, die ursprünglich vierte oder fünfte von der Spitze, fungirt als Hypophyse — sie wölbt sich in das Embryokügelchen hinein und schliesst dasselbe durch eine Querwand ab. Die so hinzugekommene Zelle theilt sich noch einmal längs oder auch über's Kreuz.

Der fertige Embryo ist eine ellipsoïdische Masse, welche im oberen (vom Embryoträger abgewandten) Theil stets etwas kleinzelliger ist, als im entgegengesetzten; im Querdurchmesser zählen wir dort etwa

6—8, hier 4—5 Zellen; es finden eben in jenem Stockwerk reichlichere Theilungen statt. Die äusserste Zelllage hat eine deutliche Cuticula und viel weniger Zellinhalt, als die innere Zellmasse, so dass sie als ein einheitliches Gebilde hervortritt. Von irgend welcher Andeutung einer Wurzelbildung ist dagegen nichts zu bemerken, es fehlt überhaupt, abgesehen von jener Differenz in Grösse, Inhalt und Zahl der Zellen, jetzt jede Sonderung.

Analog sind die Embryonen von *Bletia (Laelia) autumnalis* gebaut. Es gehen hier zwar von vorn herein auch nicht erheblich mehr Zellen des Fadens in die Bildung des Embryos ein, aber dieselben theilen sich sehr vielfach durch Querwände und es wird dadurch der Embryo schlank eiförmig und bedeutend vielzelliger. Auch hier ist das dem Tragfaden benachbarte Ende viel grosszelliger, als das entgegengesetzte, in welchem letzteren auch die äusserste Zelllage sich schärfer abhebt. Auch an den fertigen Embryonen einer Anzahl anderer epiphytischer Orchideen (*Laelia crispa*, *Epidendum ciliare*, *Stanhopea oculata*) trat diese Differenz hervor.

Die am weitesten entwickelten Keimlinge zeigte mir *Dendrochilum glumaceum*. Hier fand ich die schlank spindelförmigen Embryonen schon in der geschlossenen Kapsel grün, und zwar war es namentlich das kleinzelligere Ende, welches Chlorophyll in reichlicher Menge enthielt. Schon dies deutete darauf hin, dass dieses Ende, wie bei den übrigen Monokotyledonen, als ein Keimblatt aufzufassen sei, was sich dann überhaupt auf das kleinzellige Ende der Orchideenkeimlinge übertragen liesse. Die Keimung von *Dendrochilum* bestätigte diese Vermuthung vollkommen.

Ich habe die Keimung epiphytischer Orchideen mehrfach gut beobachten können, wenn ich frischen Samen auf Fliesspapier aussäete, welches in einem Schüsselchen mit Sand lag, der durch einen Untersatz mit Wasser stets feucht gehalten wurde. Das Ganze stand im Warmhaus unter einer Glasglocke. Die Keimung beginnt bald nach einigen Tagen, bald erst nach 3—4 Wochen. Bei *Dendrochilum glumaceum* war das Erstere der Fall. An dem spitzen, dem Vorkeim zugewandten Ende des Embryos, der noch von der Samenschale um-

schlossen war, traten Wurzelhaare auf, welche die dünne Testa durchbrachen. Am entgegengesetzten, grünen Ende erkennt man bald eine farblose, zarte Epidermis, welche sogar, immer noch innerhalb der Samenschale, Zwischenzellräume und wohlentwickelte Spaltöffnungen bildet. Indem dann dieses Ende wachsend aus der Testa hervortritt, nimmt es eine abgeplattete Gestalt an — sein Querschnitt wird planconvex. Während nun der mittlere Theil des Embryos ziemlich stark anschwillt, richtet sich das grüne flache Ende senkrecht empor, so dass es bei vorher horizontal dem Fliesspapier anliegenden Embryonen nun mit dem unteren, blassen, Wurzelhaare bildenden Ende einen rechten Winkel bildet; die flachen Seiten liegen dabei vorn und hinten. Wir haben eben jetzt den deutlich differenzirten Kotyledon vor uns, bis zur Spitze grün und mit Spaltöffnungen bedeckt — er nimmt in diesem Stadium etwa $^1/_3$ der Gesammtlänge des Embryos ein. An den ältesten, mir vorliegenden, etwa 2 Monate alten Keimlingen, ist er ungefähr 3mal länger als der liegende Theil und misst $1^1/_2$ Millimeter.

Die Spitze des Kotyledons hat durchaus den Charakter des Dauergewebes, während an seiner Basis noch starke Zellbildung und Wachsthum stattfindet. Hier in dem Winkel zwischen Kotyledon und dem Rest des Embryo liegt auch der Heerd der weiteren Neubildungen. Es erscheint hier dem Kotyledon gegenüber eine kleine, plasmareiche Hervorragung. Dieselbe ist stark von vorn nach hinten abgeplattet, von einem deutlichen Dermatogen überzogen und in ihrem schmälsten Durchmesser etwa 4, in ihrem breitesten 6—8 Grundgewebezellen stark. Wir müssen sie als das zweite, dem Kotyledon mit der Divergenz $^1/_2$ folgende Blatt betrachten. Zwischen beiden befindet sich noch eine sehr kleine, schwache Erhöhung, der Vegetationspunkt. Der Kotyledon ist in diesem, dem weitesten der beobachteten Stadien, an seiner Basis im Querschnitt concav convex — mit seiner concaven Seite umfasst er seitlich das zweite Blatt, welches auch bald Einkrümmung seiner Ränder nach innen zeigt.

Nach dieser Darstellung wäre also der Orchideen-Embryo den übrigen monokotylen Keimlingen in sofern analog, als sein Ende den Kotyledon darstellt, während die Axe seitlich hervorsprosst. Von

einer Hauptwurzelentwicklung ist auch bei der Keimung nichts zu bemerken — nur die Zahl der Wurzelhaare wird allmählig recht beträchtlich.

Analog verläuft die Keimung von *Bletia (Laelia) autumnalis* und *Epidendrum ciliare.* Hier schwillt der Anfangs längliche oder spindelförmige Embryo zur Birnform an — das dickere Ende ist das kleinzelligere, kotylodenare; es bildet mit Ausnahme der äussersten Zelllage reichlich Chlorophyll und entwickelt in dieser Spaltöffnungen; am blassen Ende entstehen Wurzelhaare. Die Embryonen werden dann fast kugelig; die am weitesten entwickelten maassen bei *Epidendrum ciliare* (Aussaat 14. Juli 1877) jetzt (Anfang August) etwa einen Millimeter. Ihre Endfläche ist schief abgestutzt und in der Mitte dieser schrägen Fläche erhebt sich eben ein junges Blättchen. Ich möchte auch hier den das Letztere überragenden Theil des Keimlings für einen sehr schwach entwickelten Kotyledon halten — ihm gegenüber würde nach dieser Auffassung dann auch hier das zweite Blatt gebildet.

Die eben gemachten Mittheilungen haben wohl insofern einiges Interesse, als man bisher im Allgemeinen alle Orchideenembryonen als akotyl betrachtet hat, und als überhaupt so sehr wenige Beobachtungen über die Keimung Luftknollen bildender Formen vorhanden sind. Am meisten stimmen meine Beobachtungen überein mit den von Beer [1]) bei *Bletias verecunda* gemachten. Derselbe gibt zwar an, das Knöspchen entstände auf dem Scheitel des Embryo, doch stimmen seine Abbildungen mehr zu der oben vertretenen Auffassung. Sonst liegen noch vor eine ältere Notiz von Link [2]) über die Keimung von *Eulophia maculata* und die genaue Darstellung, welche Prillieux [3]) und Rivière über dieselbe Pflanze gegeben haben. Nach ihnen entstehen hier an dem Keimling 2—3 adventive Knöspchen, von welchen keines terminal ist — die Medianebene der gebildeten Blätter geht

---

[1]) Beiträge zur Morphologie und Biologie der Familie der Orchideen. Wien 1863, S. 6. Taf. II. f. 3. 4. 5.

[2]) Icones selectae II. tab. VII. Philosophia botanica p. 310.

[3]) Annales d. scienc.-naturell. 3. série. vol. V. page 119.

auch bei *Eulophia* durch die Längsaxe des Embryo. Bei unseren Erdorchideen ist nach Irmisch[1]), Fabre[2]) und Beer[3]) die Knospe terminal und das erste Blatt wird erst während der Keimung gebildet. Analog verhält sich nach Fleischer (a. a. O.) *Stanhopea saccata*, nach Hofmeister[4]) *Sobralia macrantha*; — später krümmt sich hier das Keimknöllchen in einer den Flächen der jungen Blätter parallelen Ebene. Ich hoffe demnächst auch über die Keimung einer Erdorchidee eigene Beobachtungen mittheilen zu können.

6. Ueber das Aufspringen der Blüthen von Stanhopea oculata.

Es ist, soweit ich habe vergleichen können, kein Fall bekannt, wo Blüthen sich ganz plötzlich, mit erheblicher Kraft, elastisch öffnen. Bei den meisten Formen löst die Spannung, welche in Folge der Verlängerung der Innenseite der Blumenblätter entsteht, die Cohäsion derselben ganz allmählig, sie treten mehr und mehr auseinander, und gerade bei Orchideen habe ich gezeigt, dass vielfach mehrere Tage bis zur völligen Oeffnung der Blüthe vergehen.

Ganz anders verhalten sich die Stanhopeen. Es war mir aufgefallen, dass ihre Blüthen, so früh ich auch in das Gewächshaus kam, und obgleich sie am Abend vorher nur an wenigen Stellen schwache Spalten zwischen den Perigonblättern gezeigt hatten, doch stets vollkommen geöffnet waren, und ich versuchte mehrfach, sie bei diesem Vorgang zu überraschen. Es gelang mir dies im Juli dieses Jahres, nachdem ich eine starke Pflanze von *Stanhopea oculata* bis 6 Uhr sehr stark verdunkelt hatte, um so die Erscheinung zu verzögern. Die Knospen zeigten jetzt die Kelchblätter nur in ihren mittleren Theilen noch fest verbunden; an der Basis und an der Spitze waren schmale Spalten bemerkbar. Die Concavität der Sepala nach ihrem Querdurchmesser nahm gleichzeitig ab, so dass sich ihre Kanten in immer stumpfere Winkel zu einander stellten. Um 7 Uhr 20 Min. waren die in der

---

[1]) Beiträge zur Biologie und Morphologie der Orchideen. S. 5.
[2]) Annales d. scienc. naturell. 3. série. vol. V. page 163.
[3]) a. a. O. S. 5.
[4]) Bei Irmisch a. a. O. S. 32. Taf. VI. Fig. 49.

Mitte immer noch fest an einander liegenden Kelchblätter an ihrer Basis soweit frei geworden, dass ihre Ränder sich etwas nach aussen concav umbiegen konnten, um auch so dem stärkeren Wachsthum der Innenseite in der Querrichtung zu genügen. Um 7 Uhr 45 Min. sprang dann die erste Blüthe mit einem sehr hörbaren Geräusch auf. Die Spitzen der Sepalen schnellen mit einem Stoss etwa 5 Centimeter auseinander und bewegen sich dann so schnell, dass man mit dem Auge folgen kann, in kleinen Stössen weiter fort. Die beiden Petalen werden dadurch frei und krümmen sich ebenfalls schnell zurück — eine Minute nach dem Aufspringen sah ich sie schon über die Horizontale hinausgegangen und nach aussen concav gekrümmt. Nach weiteren 1 bis 2 Minuten hat die Blüthe das Aussehen einer vollständig geöffneten — nur die Messung zeigt, dass weitere kleine Bewegungen noch stattfinden.

Bisweilen öffnet sich die Blüthe nur halbseitig, indem nur eines der dem Labellum benachbarten äusseren Perigonblätter zurückspringt, während die beiden anderen noch verbunden bleiben. Dann kann natürlich auch nur ein Petalum sich zurückschlagen, und man erhält die Möglichkeit, an dem anderen Messungen anzustellen. Die zahlreichen rothen Flecken, mit welchen die Innenseite der Blumenblätter bedeckt ist, können dabei als Marken dienen. Ich fand nun, dass z. B. die Ränder zweier solcher Flecken, die an dem noch in der Knospenlage befindlichen Petalum 4 mm. von einander abstanden, eine Minute nach dem Beginn der Zurückkrümmung 4,5 mm. entfernt waren. Es hatte sich also diese Stelle in der genannten Zeit einen halben Millimeter verlängert; es befanden sich diese Flecken freilich auch an der nahe der Basis des Blattes gelegenen am stärksten sich krümmenden Stelle.

Die Blüthen eines Blüthenstandes folgen einander schnell, so dass nach etwa einer Stunde alle weit geöffnet waren.

Indem ich bei einer Blüthe derselben Art einen Tag vor ihrer normalen Oeffnungszeit mit einer Federmesserklinge den Zusammenhang der Blumenblätter vorsichtig löste, überzeugte ich mich, dass auch jetzt schon die Spannung eine erhebliche war. Gleich nach dem elasti-

schen Aufspringen standen die Spitzen der Sepalen (um 8 Uhr 48 Min.) 43, die der Petalen 38 mm. von einander ab, und stiegen diese Abstände dann in je fünf Minuten zunächst 3 bis 4, später etwa 2 Millimeter. Um 4 Uhr 28 Min. waren die ersteren 103, die letzteren 105 mm. von einander entfernt, am nächsten Morgen die Blüthe ganz geöffnet.

Am Abend vor der Oeffnung abgeschnittene und in Wasser gestellte Blüthen zeigten ganz dieselben Erscheinungen — im diffusen Lichte gehalten öffneten sie sich eine- bis zwei Stunden früher, als im Dunkeln, doch sprang auch in tiefer Finsterniss die letzte Blüthe Morgens gegen halb neun Uhr in normaler Weise auf.

Etwas mit den oben beschriebenen Erscheinungen Verwandtes ist vielleicht das bekannte schnelle Oeffnen der Grasährchen, doch habe ich dasselbe nicht genauer beobachtet. Rasch, doch nicht entfernt so energisch, wie bei den Stanhopeen öffnen sich auch die Blüthen von Asphodeline lutea.

Ueber Verbrennungserscheinungen bei Gasen. II.

Von

Prof. A. Horstmann.

Vorgetragen am 3. August 1877.

Im Folgenden erlaube ich mir dem Verein über die Fortsetzung einer Arbeit zu berichten, von welcher in diesen „Verhandlungen" (N. S. I. 177) schon vor einiger Zeit ein erster Theil unter demselben Titel veröffentlicht ist. Angeregt durch eine Bemerkung von Bunsen habe ich mir zur Aufgabe gemacht, die relative Verwandtschaft des Sauerstoffs zu Wasserstoff und Kohlenoxyd ausführlich zu studiren, weil man für den gasförmigen Zustand am ersten einfachere Beziehungen zu finden erwarten darf. Ich habe damit begonnen, wie Bunsen Kohlenoxyd mit wachsenden Mengen von elektrolytischem Knallgas zu verpuffen und habe als erstes Resultat gefunden, dass die Menge des gebildeten Wasserdampfs im Verhältniss zur gebildeten Kohlensäure stetig zunimmt. Die Vermuthung Bunsens, dass das Verhältniss der Verbrennungsprodukte sich sprungweise ändere und stets durch kleine ganze Zahlen ausdrückbar sei, fand ich nicht bestätigt.[1])

[1]) Ich darf mittheilen, dass Herr Geh. Rath Bunsen diese Folgerung aus meinen Versuchen anerkennt, und dass auch ihm meine Erklärung, wie bei seinen früheren Versuchen der Schein einer sprungweisen Aenderung zu Stande gekommen sein kann, wahrscheinlich ist. Die Notizen, die zu einer directen Controle dieser Erklärung nöthig wären, sind leider verloren.

Wie ich weiter durch gütige Privatmittheilung weiss, hat Herr Geh. Rath Bunsen neuerdings versucht, ob die von ihm vermuthete Gesetzmässigkeit nicht hervortritt, wenn man die Gassäule in dem Eudiometer durch eine Reihe von Induktionsfunken der Länge nach gleichzeitig entzündet, weil hierbei die Verbrennung unter einfacheren Bedingungen stattfindet. Doch zeigte sich auch so keine sprungweise Aenderung des Verhältnisses der Verbrennungsprodukte. Die gefundenen Zahlen schliessen sich an die meinigen an, so nahe als man bei den veränderten Umständen erwarten darf.

Ich habe ferner gezeigt, dass aus den Versuchen des Herrn E. von Meyer (Journal für praktische Chemie [2]. 11. 273) nicht, wie derselbe glaubte, eine Bestätigung des vermeintlichen Bunsen'schen Gesetzes hergeleitet werden kann. Die erhaltenen Zahlenwerthe lassen sich zwar meist innerhalb der Fehlergrenzen auf ganzzahlige Ausdrücke abrunden, aber es findet sich keine zusammengehörige Versuchsreihe, welche die Constanz dieser Werthe über eine gewisse Beobachtungsstrecke und den Sprung von einem zu dem nächsten ganzzahligen Verhältniss deutlich erkennen liesse. [1]) In letzterer Beziehung könnten allein vielleicht die unten mitgetheilten 5 Versuche, die grösste Zahl, welche in eine solche Reihe zusammengestellt werden kann, Zweifel erregen. Die v. Meyer'schen Versuche sind alle in der Art angestellt, dass Gemische von Wasserstoff und Kohlenoxyd mit variablen Sauerstoffmengen verbrannt wurden. Bei den in Rede stehenden Versuchen war das Verhältniss des Wasserstoffs zum Kohlenoxyd nahezu = 1:1. Die Tabelle giebt an: 1) Die Nr. der Versuche in v. M.'s Abhandlung, 2) wie viel von dem Gemisch der brennbaren Gase verbrannte (α) und 3) das Verhältniss der Verbrennungsprodukte (z = Wasserdampf durch Kohlensäure).

Nr.	α	z	
1 a	0,236	2,88	Versuche des Herrn v. Meyer.
1 b	0,303	3,10	
1 c	0,355	3,03	
2 a	0,385	3,15	
2 b	0,639	1,94	

[1]) Herr E. von Meyer ist später noch zweimal auf den Gegenstand zurückgekommen. Er will (Journ. f. prakt. Chemie [2] 13. 125) das Bunsen'sche Gesetz auch bei der langsamen theilweisen Verbrennung von Wasserstoff-Kohlenoxyd-Gemischen bei Gegenwart von Platinschwamm bestätigt gefunden haben. Gegen diese Schlussfolgerung gelten aber ganz dieselben Bemerkungen, die ich (diese Verhandlungen N. S. I. 179 ff.) gegen die im Text erwähnte Arbeit gemacht habe, nur in erhöhtem Grade, da die Fehler nach der Natur der Versuche bedeutend grösser sein müssen. Später (a. a. O. 14. 125. Anm.) bemerkt derselbe, dass er zur Prüfung meiner Bedenken Versuche begonnen habe. Das Resultat derselben ist bis jetzt noch nicht veröffentlicht.

Da die vier ersten Werthe von z nahe bei 3, der letzte nahe bei 2 liegen, so könnte man darin eine Bestätigung des Bunsen'schen Gesetzes erblicken, und wenn man trotzdem einen stetigen Verlauf annehmen will, so deuten die Zahlen jedenfalls auf einen eigenthümlichen Zusammenhang zwischen α und z. Wenn zwischen 30 und 40 % der brennbaren Gase verbrannt sind, scheint z constant zu bleiben oder vielleicht ein Maximum zu erreichen, da die erste Zahl kleiner ist, als die drei folgenden. Ein solches Verhalten wäre für die theoretischen Betrachtungen, welche ich an meine Untersuchung zu knüpfen dachte, von grösstem Interesse. Ich beschloss daher, auch in der Art wie Herr von Meyer, mit Kohlenoxyd-Wasserstoff-Gemischen, eine grössere Zahl von Versuchen anzustellen, zumal ich dadurch einen doppelten Vortheil erreichen musste. Denkt man sich nämlich die sämmtlichen Beobachtungen, wie in der früheren Mittheilung, graphisch dargestellt, so muss die alte Curve für die Kohlenoxyd-Knallgas-Versuche durch alle Curven für die neuen Beobachtungen mit Kohlenoxyd-Wasserstoff-Gemischen geschnitten werden und zwar an Punkten, deren Abscissen aus der Zusammensetzung der angewendeten Gemische im Voraus bekannt sind. Denn dort, wo der zugeführte Sauerstoff eben hinreicht, um den vorhandenen Wasserstoff zu verbrennen, gehört der Versuch der alten und neuen Versuchsreihe zugleich an. Die beiden Versuchsreihen müssen sich somit gegenseitig controliren und dabei wird das ganze Beobachtungsgebiet mit einem Curvennetz überzogen, welches die Aufgabe ausserordentlich erleichtern muss, das Gesetz aufzufinden, nach welchem sich der Sauerstoff unter die beiden brennbaren Gase vertheilt.

Um mit derselben Gasmischung eine genügende Anzahl Versuche anstellen zu können, construirte ich mir aus einem Mischcylinder, wie sie bei der Massanalyse gebräuchlich sind, ein Quecksilbergasometer von ca. 600 cbcm. Inhalt. Das Zuleitungsrohr desselben konnte durch Quecksilber abgesperrt werden, so dass die Gase nur beim Ein- und Ausströmen mit Kautschuk, sonst allein mit Glas und Quecksilber in Berührung kamen und sich daher möglichst lange in unveränderter Reinheit aufbewahren liessen. Mit dem Wasserstoff, aus Zink und

Schwefelsäure entwickelt, wurde das Gasometer zunächst mehrfach ausgespült, dann zu beliebigem Theile gefüllt und die Füllung mit Kohlenoxyd ergänzt. Das Kohlenoxyd wurde wie früher aus ameisens. Natron und conc. Schwefelsäure dargestellt, und zunächst über Kalilauge aufgefangen, um Spuren von CO_2 oder SO_2 zu entfernen. In dem Gasometer wurde das Gasgemisch durch syrupsdicke Phosphorsäure, welche die Wände bedeckte, getrocknet. In einem ähnlichen kleineren Quecksilbergasometer wurde der Sauerstoff, aus chlors. Kali dargestellt, mit Aetzkali getrocknet und aufbewahrt. Die Eudiometer, von den gewöhnlichen Dimensionen, in welchen die Versuche in der gebräuchlichen Weise ausgeführt sind, wurden vor jeder Füllung mit verdünnter Salpetersäure und Wasser ausgespült und unter Erwärmen vermittelst eines trockenen Luftstroms getrocknet.

Eine Füllung des grossen Gasometers reichte zu 10—12 Versuchen und zu den Analysen, die nöthig waren, um die Vorsichtsmassregeln für die Reinheit der Gase zu controliren und namentlich, um die Zusammensetzung der Gasmischungen, welche vermittelst der Theilung des Cylinders annähernd nach Belieben hergestellt werden konnte, genau zu ermitteln. Solche Analysen wurden meist vor und nach den eigentlichen Versuchen, in der Art ausgeführt, dass zuerst das Gasgemisch mit überschüssigem Sauerstoff verpufft, und aus der Contraktion dessen Zusammensetzung berechnet wurde nach den bekannten Regeln, welche aber die vollkommene Reinheit des Gemisches voraussetzen. Dann wurde durch Absorption mit einer Kalikugel die gebildete Kohlensäure direkt ermittelt, um durch Vergleichung mit der zuerst berechneten Menge einen Massstab für die wirkliche Reinheit des Gemisches zu gewinnen. Ich stelle im Folgenden die Resultate sämmtlicher Analysen zusammen zugleich mit den Mittelwerthen, welche den späteren Rechnungen zu Grunde gelegt sind.

Tabelle I. Zusammensetzung der Gasmischungen.

Nr. der Vers.-Reihe.	Bestand-theil.	Analyse 1 Ver-puffung.	Analyse 1 Ab-sorption.	Analyse 2 Ver-puffung.	Analyse 2 Ab-sorption.	Angenommene Zusammensetzung.
I.	H.	49,60	49,77	49,21	—	49,53
	CO.	50,40	50,23	50,79	—	50,47
II.	H.	25,95	—	25,84	—	25,89
	CO.	74,05	—	74,16	—	74,11
III.	H.	25,69	26,42	26,27	26,27	26,02
	CO.	74,31	73,58	73,73	73,73	73,98
IV.	H.	26,30	26,45	26,47	26,61	26,46
	CO.	73,70	73,55	73,53	73,39	73,54
V.	H.	38,36	38,31	37,76	37,78	38,05
	CO.	61,64	61,69	62,24	62,22	61,95
VI.	H.	41,86	—	42,08	42,13	42,02
	CO.	58,14	—	57,92	57,87	57,98
VII.	H.	54,47	54,73	54,44	54,82	54,62
	CO.	45,53	45,27	45,56	45,18	45,38
VIII.	H.	47,38	47,52	47,46	47,79	47,54
	CO.	52,62	52,48	52,54	52,21	52,46
IX.	H.	75,19	75,19	—	—	75,19
	CO.	24,81	24,81	—	—	24,81
X.	H.	50,65	50,43	50,88	51,02	50,96
	CO.	49,35	49,56	49,12	4,898	49,04

Für die dauernde Reinheit des Sauerstoffs führe ich nur als Beispiel an, dass der Rest, welcher nach einer Versuchsreihe im Gasometer geblieben war, direct gemessen, 94,68 Volumeinheiten betrug, während sich aus der Contraktion bei der Verpuffung mit überschüssigem Wasserstoff 94,98 berechneten.

Bei meinen früheren Versuchen habe ich jede einzelne Bestimmung durch eine Analyse controlirt und so jede zufällige Verunreinigung der Gase, die einen bestimmten Betrag überschritt, ausgeschlossen. Bei den neuen Versuchen ist diese zeitraubende Controle unterblieben und

man muss daher weniger gute Uebereinstimmung der Resultate untereinander erwarten;. doch haben sich störende Unregelmässigkeiten nicht bemerklich gemacht.

Von 10 Beobachtungsreihen, die ich angestellt, beziehen sich die Reihen I und X, sowie die Reihen II, III und IV auf Gemische von nahezu derselben Zusammensetzung, so dass sich sämmtliche Beobachtungen auf 7 wesentlich verschiedene Curven vertheilen, für welche das Verhältniss des Wasserstoffs zum Kohlenoxyd etwa von 1 : 3 bis 3 : 1 wechselt, ungefähr ebensoviel als bei den Beobachtungen mit Kohlenoxyd-Knallgasgemischen. Für grössere oder kleinere Verhältnisse würde die absolute Menge des einen Verbrennungsproduktes zu klein und damit der Einfluss der Fehler zu gross geworden sein. Dies gilt namentlich für die Kohlensäure, wenn der Wasserstoffgehalt gross ist, daher die IX. Versuchsreihe schon relativ grosse Unregelmässigkeiten zeigt.

Von der angewandten Menge der brennbaren Gase wurde beiläufig 20—60 % verbrannt. Weiter zu gehen verbot nach unten die Grenze der Verbrennlichkeit, der ich nicht zu nahe kommen durfte, nach oben die Wiederstandsfähigkeit der Eudiometer, der ich nicht zuviel zumuthen wollte, zumal da der Endpunkt der Curve, wo die brennbaren Gase vollständig verbrannt sind, durch die Zusammensetzung des verwendeten Gemisches bestimmt ist. Es muss dort das Verhältniss des Wasserdampfes zur Kohlensäure stets gleich dem Verhältniss des Wasserstoffs zum Kohlenoxyd vor der Verbrennung sein.

In der unten folgenden Tabelle sind die Resultate sämmtlicher Versuche zusammengestellt. Die Nummern in der ersten Spalte beziehen sich auf meine Laboratoriumsnotizen. In der zweiten mit α bezeichneten Spalte ist angegeben, wieviel von dem Gemisch der brennbaren Gase durch den zugeführten Sauerstoff verbrannte, d. h. es ist $\alpha =$ Wasserdampf + Kohlensäure dividirt durch Wasserstoff + Kohlenoxyd vor der Verbrennung, oder auch durch das Volum, welches die Gase nach der Verbrennung einnehmen würden, wenn der Wasserdampf gasförmig bliebe; denn aus je einem Volum der brennbaren Gase entsteht ein Volum des betreffenden Verbrennungs-

produktes, und alle Angaben über die Menge der Gase sind auf das Volum zu beziehen. Das Verhältniss der Verbrennungsprodukte ist in der 3. mit z bezeichneten Spalte aufgeführt. Es bedeutet z = Wasserdampf dividirt durch Kohlensäure. Ferner ist für jede Versuchsreihe das Verhältniss β des Wasserstoffs zum Kohlenoxyd in dem angewandten Gemische nach den mitgetheilten Analysen angegeben. Die Zeichen α, β und z werden im Folgenden stets mit der hier festgesetzten Bedeutung gebraucht werden.

Zu jeder Versuchsreihe gehört, wie schon bemerkt, ein Punkt der Curve auf Tafel I des ersten Theils dieser Arbeit, welche die Resultate der Versuche mit Kohlenoxyd-Knallgasgemischen wiedergibt, der Punkt nämlich, wo dort das Verhältniss des Wasserstoffs zum Kohlenoxyd gleich dem betr. Werth von β ist, da derselbe einem Versuch der neuen Reihe entspricht, bei welchem der zugesetzte Sauerstoff gerade zur Verbrennung des Wasserstoffs allein hinreichen würde. Man findet jenen Punkt leicht, wenn man bedenkt, dass auf jener Tafel die Abscissen den Wasserstoff in Prozenten der Summe der brennbaren Gase darstellen. Die Abscisse des gesuchten Punktes ist daher 100 α, wenn $\alpha = \beta : 1 + \beta$; die zugehörige Ordinate ist der entsprechende Werth von z. Ich habe für jede Versuchsreihe diese Werthe von α und z aufgesucht und in die Tabelle eingefügt mit einem Sternchen an Stelle der Nummer.

Tabelle II. Versuche mit Wasserstoff-Kohlenoxyd-Gemischen.

Nr.	α	z	γ	Nr.	α	z	γ
Versuchsreihe I $\beta = 0,9723$				Versuchsreihe III $\beta = 0,3517$			
7	0,274	4,29	7,21	29	0,187	0,99	3,82
11	0,278	4,19	7,08	27	0,199	1,03	4,15
15	0,357	3,49	6,91	*	0,260	1,14	5,80
8	0,411	3,25	7,47	32	0,267	1,00	4,78
14	0,469	2,80	7,28	30	0,294	1,05	5,71
5	0,476	3,12	9,20	28	0,352	0,95	5,98
*	0,495	2,63	7,11	26	0,586	0,60	5,51
16	0,540	2,27	6,33				
9	0,625	1,89	6,54				
4	0,693	1,62	6,09				
13	0,770	1,40	5,99				
Versuchsreihe II $\beta = 0,3493$				Versuchsreihe IV $\beta = 0,3648$			
25	0,206	1,04	4,34	39	0,198	1,08	4,18
22	0,214	1,01	4,27	40	0,211	1,11	4,51
*	0,259	1,13	5,75	42	0,220	1,06	4,30
24	0,264	1,02	4,96	37	0,251	1,00	4,28
17	0,295	1,07	6,01	*	0,265	1,18	5,96
18	0,395	0,89	6,49	35	0,295	1,04	5,23
19	0,434	0,81	6,27	41	0,414	0,84	5,48
20	05,13	0,68	5,78	38	0,498	0,71	5,25
21	0,641	0,54	5,00	36	0,643	0,54	4,17

Nr.	α	z	γ	Nr.	α	z	γ
Versuchsreihe V $\beta = 0{,}6142$				Versuchsreihe VII $\beta = 1{,}2035$			
47	0,220	1,71	3,81	74	0,217	3,83	4,18
50	0,258	1,80	4,43	84	0,257	3,83	4,48
51	0,275	1,91	5,00	75	0,291	4,09	5,19
45	0,311	2,04	6,14	83	0,349	4,23	6,22
54	0,327	1,96	6,08	80	0,350	4,14	6,04
46	0,376	1,78	6,18	78	0,417	3,96	6,85
*	0,380	1,88	6,96	77	0,487	2,99	5,47
53	0,407	1,68	6,25	82	0,539	2,80	5,85
52	0,433	1,53	5,78	*	0,546	3,00	6,97
49	0,494	1,38	6,03	81	0,591	2,37	5,07
48	0,659	0,95	4,54	76	0,629	2,24	5,22
				85	0,662	2,09	5,08
Versuchsreihe VI $\beta = 0{,}7247$				Versuchsreihe VIII $\beta = 0{,}9061$			
59	0,194	2,13	3,83	90	0,207	2,81	4,10
69	0,227	2,08	3,95	91	0,228	2,76	4,17
61	0,279	2,23	4,84	92	0,286	2,95	5,10
57	0,345	2,29	6,04	93	0,332	2,86	5,46
60	0,349	2,26	5,99	94	0,384	2,85	6,35
65	0,357	2,15	5,70	95	0,429	2,36	5,38
68	0,366	2,22	6,17	101	0,442	2,41	5,83
70	0,404	2,10	6,43	97	0,448	2,30	5,47
*	0,420	2,13	7,08	*	0,475	2,47	7,00
66	0,421	1,98	6,20	100	0,480	2,25	5,94
64	0,444	1,91	6,32	96	0,522	1,93	5,09
62	0,497	1,63	5,67	98	0,562	1,89	5,76
63	0,653	1,18	4,90	88	0,633	1,61	5,34

Nr.	α	z	γ	Nr.	α	z	γ
Versuchsreihe IX $\beta = 3{,}0308$				Versuchsreihe X $\beta = 1{,}0392.$			
113	0,220	7,49	3,00	125	0,195	3,15	3,86
112	0,222	10,85	4,56	126	0,243	3,08	4,07
111	0,310	11,92	5,72	128	0,249	3,48	4,78
114	0,313	13,31	6,52	124	0,318	3,43	5,45
110	0,384	10,26	5,44	129	0,369	3,42	6,20
109	0,489	9,16	5,86	132	0,423	2,91	5,71
108	0,547	7,26	4,86	130	0,485	2,63	5,92
106	0,638	6,21	4,91	*	0,510	2,73	7,05
105	0,772	5,04	5,64	133	—	—	—

Die Folgerungen aus den Versuchsergebnissen zeigen sich noch klarer und übersichtlicher, als in der Tabelle, in der graphischen Darstellung auf Tafel III, bei welcher, entsprechend den früheren Tafeln, 100 α als Abscissen, und z als Ordinaten benutzt sind.

Man findet zunächst auch hier nirgends eine Andeutung einer sprungweisen Aenderung des Verhältnisses der Verbrennungsprodukte, noch einer Bevorzugung ganzzahliger Werthe desselben. Ich halte dadurch die von Bunsen vermuthete Gesetzmässigkeit definitiv für beseitigt, soweit wenigstens als sie von derartigen Versuchen gestützt wurde.

Jenes Verhältniss ändert sich stetig mit der Sauerstoffmenge, es zeigen aber sämmtliche Beobachtungsreihen, dass wirklich ein Maximum desselben erreicht wird, wenn zwischen 30 und 40 % der brennbaren Gase verbrannt sind. Die Versuchsreihe I scheint allerdings eine Ausnahme zu bilden, die aber, wie ich mit gutem Grunde sagen darf, nur die Regel bestätigt. Denn nachdem sich der Verlauf der Erscheinung bei der Versuchsreihe II anders ergeben hatte als bei I, habe ich die Reihen III und IV mit Gemischen von möglichst nahe derselben Zusammensetzung wie II angestellt, aber bei aller denkbaren Vorsicht stets dasselbe Resultat erhalten. Da nun auch alle übrigen Reihen einen ähnlichen Verlauf zeigten wie II, da dies

namentlich auch für Versuchsreihe X gilt, bei welcher das angewandte Gemisch dem der Reihe I möglichst nahe kommt, muss wohl die Reihe I mit einem Fehler behaftet sein. Da ich denselben aber nachträglich nicht auffinden konnte, so habe ich die Reihe doch mit aufgeführt, in der graphischen Darstellung jedoch unter besonderem Zeichen.

Die Vergleichung der den älteren Versuchen entnommenen Zahlen mit den neuen zeigt im Ganzen eine befriedigende Uebereinstimmung. Zwar liegen die älteren Zahlen alle etwas höher, als man nach den neuen Versuchen erwarten sollte und dies scheint auf eine gemeinsame Ursache der Differenz hinzuweisen. Doch dürfte dieselbe wohl darin liegen, dass die Versuche wegen der verschiedenen Ausführung nicht streng vergleichbar sind. Die einzelnen Gasmengen vertheilen sich auf die gemessenen Gasvolume in verschiedener Weise und die Gleichungen, durch welche sich die verglichenen Grössen aus den gemessenen ergeben, haben daher verschiedene Gestalt. Desshalb müssen auch die unvermeidlichen kleinen Fehler in verschiedener Weise auf das Resultat einwirken. Diese Fehler selbst werden ferner verschieden sein, z. B. weil die Darstellung des Wasserstoffs und Sauerstoffs verschieden war, weil andere Eudiometer angewendet wurden etc. Man darf darum wohl die gefundene Uebereinstimmung befriedigend nennen.

Wie alle früheren Versuche, so ergeben auch die hier besprochenen, dass der Sauerstoff zum Wasserstoff grössere Verwandtschaft hat, als zum Kohlenoxyd, d. h. es verbrennt stets relativ mehr Wasserstoff als Kohlenoxyd.[1]) Es findet sich z immer grösser als β, so lange nicht der Sauerstoff zur vollständigen Verbrennung ausreicht. Um ein Mass für die relative Verwandtschaft zu haben, berechnete Herr von Meyer einen sog. Affinitätscoëfficienten, welcher angeben sollte, wievielmal die Affinität eines Volums Wasserstoff diejenige eines Volums Kohlenoxyd gegen gleich grosse Volume Sauerstoff übersteigt. Mit

[1]) Ich möchte darauf aufmerksam machen, dass nach Bunsen (Pogg. Ann. Bd. 131 S. 166) für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Entzündung in Wasserstoff und Kohlenoxyd-Knallgas ein Unterschied in demselben Sinne besteht. Dieselbe ist bei Wasserstoff 34mal grösser als bei Kohlenoxyd.

den schon gebrauchten Zeichen ist der M.'sche Affinitätscoëfficient $= z : \beta$. Damit derselbe die zugeschriebene Bedeutung wirklich hat, muss vorausgesetzt werden, dass die Menge jedes der Verbrennungsprodukte proportional sei mit der vor der Verbrennung vorhandenen Menge desjenigen Gases, aus welchem es entsteht, also der Wasserdampf mit dem Wasserstoff, die Kohlensäure mit dem Kohlenoxyd. Für diese Voraussetzung gibt v. Meyer keinen Grund an, er hat dieselbe auch nicht weiter verfolgt oder geprüft.

Ich bin durch theoretische Betrachtungen, auf die ich erst später einzugehen beabsichtige, zu der Vermuthung geführt worden, dass das Verhältniss der Verbrennungsprodukte proportional sei mit dem Verhältniss der unverbrannt gebliebenen brennbaren Gase.

Bezeichnet man das letztere Verhältniss (Wasserstoff durch Kohlenoxyd nach der Verbrennung) mit β', so sollte danach $z = \gamma \beta'$ sein [1]), wenn γ eine Constante bedeutet, die man füglich auch „Affinitätscoëfficient" nennen kann, da durch sie die Vertheilung des Sauerstoffs bestimmt wird.

Die Kenntniss der Werthe von α, β und z, wie sie in obiger Tabelle II enthalten sind, genügt, um für jeden Versuch das Verhältniss β' der übrig gebliebenen Gase und das zugehörige γ zu berechnen. Denn, da in dem Gemisch der brennbaren Gase auf 1 Volum Kohlenoxyd β Volume Wasserstoff kommen, so enthält ein Volum des Gemisches $\frac{\beta}{1+\beta}$ Wasserstoff und $\frac{1}{1+\beta}$ Kohlenoxyd. Davon verbrennen α Volumtheile und zwar so, dass auf je ein Volum Kohlensäure z Volume Wasserdampf entstehen. Folglich bilden sich $\alpha \frac{z}{1+z}$ Wasserdampf und $\alpha \frac{1}{1+z}$ Kohlensäure. Da je ein Volum der Ver-

[1]) Es sei bemerkt, dass diese Gleichung wesentlich dieselbe ist, welche J. Thomsen (Pogg. Ann. 138, 94) auf die Vertheilung zweier Säuren an eine Base, und neuerdings J. van 't Hoff (Deutsch. chem. Ges. Ber. 1877. 669) auf die Aetherbildung angewendet haben. Ich hoffe später zeigen zu können, dass sich diese beiden und die von mir untersuchte Erscheinung wirklich von gemeinsamem Gesichtspunkte aus betrachten lassen.

brennungsprodukte aus je einem Volum der brennbaren Gase entsteht, so bleiben $\frac{\beta}{1+\beta} - \alpha \frac{z}{1+z}$ Wasserstoff und $\frac{1}{1+\beta} - \alpha \frac{1}{1+z}$ Kohlenoxyd unverbrannt. Setzt man das Verhältniss beider in die Gleichung $z = \gamma \beta'$, ein, so lautet dieselbe vollständig

$$z = \gamma \frac{\beta(1+z) - \alpha z (1+\beta)}{(1+z) - \alpha(1+\beta)}; \qquad \text{I.}$$

und man hat schliesslich

$$\gamma = z \frac{(1+z) - \alpha(1+\beta)}{\beta(1+z) - \alpha z (1+\beta)}. \qquad \text{II.}$$

Ich habe auf solche Weise für alle meine Versuche γ berechnet und in der 4. Spalte der Tabelle II aufgeführt. Man sieht dort, dass γ im Allgemeinen keinen constanten Werth hat, aber es ändert sich mit α in allen Reihen, mit Ausnahme der unsicheren Reihe I, gleichmässig und in denselben Grenzen. Während α von 0,2 auf 0,35 steigt, wächst γ von etwa 4 bis wenig über 6, bleibt dann bis $\alpha = 0{,}45$ nahezu constant und nimmt von da an wieder ab bis auf etwa 5 für $\alpha = 0{,}65$. Wenn man daher Versuche aus den verschiedenen Reihen vergleicht, für welche α denselben Werth hat, so findet man auch γ gleich gross, trotzdem z und β verschieden sind. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass γ eher grössere Fehler zeigen muss als z, und dass die mit Sternchen bezeichneten Zahlen aus der früheren Versuchsreihe mit den andern nicht völlig vergleichbar sind.

Die vermuthete Gesetzmässigkeit findet sich also in den Beobachtungen wirklich bestätigt, aber nur in dem Falle, dass von den verschieden zusammengesetzten Wasserstoff-Kohlenoxydgemischen derselbe Prozentsatz verbrennt. Für verschiedene Sauerstoffmengen ist der Affinitätscoëfficient γ verschieden. Um dies deutlicher und vollständiger hervortreten zu lassen, habe ich sämmtliche Werthe von γ als Ordinaten, mit den zugehörigen α als Abscissen, in ein Coordinatennetz eingetragen und den Zusammenhang beider Grössen durch eine Curve darzustellen versucht. Die gewählte Curve ist auf Tafel IV aufgezeichnet. Sie setzt für jedes α einen be-

stimmten Werth für γ fest. Einige passend ausgewählte dieser Werthe habe ich in die nach z aufgelöste Gleichung I eingesetzt und damit für jedes β eine Anzahl von Werthen für z berechnet, auf Grund der vorausgesetzten Beziehung. Mit diesen Werthen sind dann die Curven auf Tafel III construirt.[1]) Sie schliessen sich, wie man sieht, sämmtlichen Beobachtungsreihen gleichgut an und bestätigen somit die Voraussetzungen der Rechnung.

Die Vertheilung des Sauerstoffs unter die brennbaren Gase erfolgt demnach wirklich nach dem aufgestellten Gesetze so, dass das Verhältniss der Verbrennungsprodukte (z = Wasserdampf : Kohlensäure) proportional ist mit dem Verhältniss der unverbrannten Gase (β' = Wasserstoff : Kohlenoxyd), wobei aber der Proportionalitätsfaktor γ' sich mit dem Prozentsatze der Verbrennungsprodukte ändert, etwa in der Weise, wie es die ausgezogene Curve auf Tafel IV darstellt. Diese Curve in Verbindung mit der Gleichung $z = \gamma\beta'$, welche obiges Gesetz ausspricht, gestattet innerhalb des Beobachtungsgebietes in jedem Falle die Vertheilung des Sauerstoffs mit grosser Annäherung vorherzusagen. Auch der Verlauf der früheren Beobachtungen mit Kohlenoxyd und Knallgas lässt sich selbstverständlich darnach berechnen. Er müsste durch die punktirte Curve auf Tafel III, welche alle andern Curven schneidet, dargestellt werden. Zur Vergleichung ist auch die Curve (ausgezogen) eingetragen, durch welche ich den wahrscheinlichen Verlauf jener Beobachtungen früher bezeichnen zu können glaubte. Dieselbe liegt etwas höher als die berechnete Curve, entsprechend dem, was oben über den Unterschied beider Versuchsarten gesagt wurde. Doch ist die Aehnlichkeit beider Curven gross genug, um behaupten zu dürfen, dass die früheren Beobachtungen dem aufgestellten Gesetze nicht widersprechen. Es sei hinzugefügt, dass die Werthe von γ, welche sich aus diesen Beobachtungen berechnen, sich mit α ändern ganz ähnlich der Curve auf Tafel IV, nur liegen auch sie alle etwas höher, entsprechend dem Verhalten von z.

[1]) Für die Reihen I und X und ebenso für II, III und IV ist je nur eine Curve gezeichnet, bei deren Berechnung $\beta = 1{,}0392$, resp. $0{,}3553$ gesetzt wurde.

Nach dem Vorstehenden kann man als nächste Ursache der eigenthümlichen Veränderungen von z, und des Maximums, welches diese Grösse zeigt, die Veränderlichkeit des Affinitätscoëfficienten γ bezeichnen. Wäre γ durchaus constant, so müsste nach dem aufgestellten Gesetz z stetig zunehmen, von $z = \beta$ für $\alpha = 1$, bis $z = \gamma\beta$ für $\alpha = 0$, denn für minimale Sauerstoffmengen wird $\beta' = \beta$ (und folglich γ gleich dem Affinitätscoëfficienten von Meyer's). Man konnte aber von vornherein kaum erwarten, dass γ von α unabhängig sein werde, da die Bedingungen, unter welchen die Verbrennung stattfindet, sich mit der wachsenden Sauerstoffmenge sehr erheblich ändern. Namentlich für zwei mit der Sauerstoffmenge zusammenhängende Umstände kann man einen wahrscheinlichen Einfluss auf den Affinitätscoëfficienten vorhersehen, erstens für die Verbrennungstemperatur und zweitens für die Menge der Verbrennungsprodukte und die damit verbundene Aenderung des Drucks und der physikalischen Eigenschaften der Gase während der Verbrennung. Jedenfalls muss sich die Veränderlichkeit von γ wesentlich auf physikalische Ursachen zurückführen lassen, wenn dieses auf den Namen eines Affinitätscoëfficienten im Sinne des aufgestellten Gesetzes Anspruch machen darf. Von der Menge der reagirenden Gase an sich sollte dasselbe nicht mehr abhängig sein, solange die physikalischen Umstände, unter welchen sich die Reaktion vollzieht, unverändert bleiben.

Man kann die letztere Bedingung annähernd erfüllen, und das fragliche Verhalten des Affinitätscoëfficienten bis zu einem gewissen Grade durch das Experiment prüfen, indem man den nicht verbrennenden Theil der brennbaren Gase ganz oder theilweise durch ein nicht verbrennliches Gas mit ähnlichen physikalischen Eigenschaften, z. B. durch Stickstoff, ersetzt. Es müsste dadurch zwar z verändert werden, aber γ unverändert bleiben. Weder die Verbrennungstemperatur noch die Menge der Verbrennungsprodukte würden dadurch beeinflusst. Herr v. Meyer hat schon einige Versuche mit beigemischtem Stickstoff, aber mit feuchten Gasen, angestellt, welche sich dieser Folgerung günstig deuten lassen, und einige meiner Beobachtungen, die mit atmosph. Luft, statt Sauerstoff, angestellt sind, und mit trockenen Gasen, um

sie den andern vergleichbar zu machen, bestätigen dieselbe vollkommen. Die von mir erhaltenen Zahlen sind in der Tabelle III zusammengestellt. Sie beziehen sich auf drei verschiedene Gemische (zu den Versuchsreihen VIII, IX und X gehörig), für welche das Verhältniss β des Wasserstoffs zum Kohlenoxyd angegeben ist. Die Tabelle enthält dann, nächst der Nr. des Versuchs, die Mengen des Stickstoffs, die auf ein Volum des Gemisches der brennbaren Gase kommt; den Werth von α ohne Rücksicht auf den Stickstoff; den Werth von α, wenn der Stickstoff zu den brennbaren Gasen hinzugezählt wird, d. i. α' = Wasserdampf + Kohlensäure dividirt durch Wasserstoff + Kohlenoxyd + Stickstoff vor der Verbrennung; (Man findet leicht aus der Bedeutung der Zeichen, dass $\alpha'(1 + n) =$ ist.) ferner den Affinitätscoëfficienten wie er gefunden wurde (γ gef.) und wie er sich aus der Curve bestimmt für α und für α' (γ'); endlich die Werthe von z, wie sie gefunden wurden und wie sie sich berechnen für γ (aus den Curven auf Tafel III) und für γ' (nach Gl. I).

Der Sauerstoffgehalt der trockenen, kohlensäurefreien Luft wurde zu 20,95 % angenommen. (Tabelle III auf folgender Seite.)

Man sieht aus den mitgetheilten Zahlen, dass die gefundenen Werthe von γ verschieden sind von den für α nach der Curve bestimmten, und dass sie stets den zu α' gehörigen γ' nahe kommen. Dasselbe lehrt die graphische Darstellung auf Tafel IV, wo die gefundenen γ, mit den entsprechenden α' als Abscissen, eingetragen sind, und sich der Curve so eng, als man erwarten kann, anschliessen. Der Affinitätscoëfficient wird also durch Stickstoffzusatz in derselben Weise verändert, wie durch einen gleich grossen Zusatz von Wasserstoff oder Kohlenoxyd. Er wird in der Curve um ein bestimmtes Stück nach dem Ursprung der Coordinaten zu verschoben, und je nach der Form des betr. Curvenstückes kann er dabei constant bleiben, vergrössert oder auch verkleinert werden. Den letzten Fall kann man mit atmosph. Luft nicht deutlich realisiren. Man müsste dazu den Stickstoffzusatz von dem Sauerstoff unabhängig machen.

Entsprechend findet sich das Verhältniss der Verbrennungsprodukte

Tabelle III. Versuche mit Stickstoffzusatz.

Nr.	n	α	α'	γ gef.	γ aus d. Curve für α	γ' aus d. Curve für α'	z gef.	z berechnet für γ	z berechnet für γ'
				Versuchsreihe VIII a.	$\beta = 0{,}9601$.				
102	0,603	0,320	0,199	3,74	5,90	3,98	2,24	3,05	2,42
104	0,750	0,397	0,227	4,29	6,40	4,40	2,18	2,80	2,29
103	1,130	0,599	0,281	5,14	5,61	5,28	1,69	1,75	1,71
				Versuchsreihe IX a.	$\beta = 3{,}0308$				
115	0,701	0,372	0,218	4,37	6,38	4,28	8,75	12,01	8,58
116	0,904	0,479	0,251	5,24	6,27	4,71	8,59	9,78	7,92
117	1,155	0,612	0,284	5,81	5,52	5,20	7,17	7,00	6,79
				Versuchsreihe X a.	$\beta = 1{,}0392$				
123	0,589	0,312	0,197	3,70	5,70	3,94	2,60	3,56	2,72
119	0,799	0,424	0,235	4,73	6,40	4,50	2,59	3,12	2,51
122	0,986	0,522	0,263	4,84	6,13	4,87	2,21	2,49	2,22
120	1,145	0,607	0,283	6,18	5,55	5,19	2,09	2,05	1,96
121	1,253	0,664	0,295	5,28	5,23	5,34	1,78	1,78	1,78

z durch den Zusatz von Stickstoff verändert. Die Aenderung ist allein durch den Affinitätscoëfficienten bestimmt, denn es ergibt sich z stets nahezu gleich den Werthen, die man erhält, wenn man in die nach z aufgelöste Gleichung I γ' an Stelle von γ einsetzt.

Mit grosser Annäherung wird demnach die Vertheilung des Sauerstoffs durch das aufgestellte Gesetz in Verbindung mit der Curve der Affinitätscoëfficienten auch in dem Falle bestimmt, dass ein bei der Reaktion unbetheiligtes Gas wie Stickstoff zugegen ist, wenn nur dieses Gas bei der Bestimmung des Affinitätscoëfficienten zu den brennbaren Gasen hinzugezählt wird. Es kann, mit andern Worten, der unverbrannte Theil der brennbaren Gase durch ein Gas mit ähnlichen physikalischen Eigenschaften ersetzt werden, ohne dass sich der Affinitätscoëfficient wesentlich ändert. Damit ist zugleich bewiesen, dass unter gleichen physikalischen Bedingungen der Affinitätscoëfficient

constant bleibt, wenn sich die Mengen der reagirenden Gase beliebig ändern, wie es das aufgestellte Gesetz verlangt.

Was nun den Einfluss der physikalischen Bedingungen betrifft, so wird die Vermuthung eines Zusammenhanges zwischen dem Affinitätscoëfficienten und der Verbrennungstemperatur durch Folgendes bestärkt. Bekanntlich hat Bunsen die Verbrennungstemperatur zu bestimmen versucht, für Wasserstoff und für Kohlenoxyd und zwar sowohl für die reinen Knallgase, als auch für den Fall, dass Wasserstoff, Kohlenoxyd oder Sauerstoff im Ueberschuss, oder auch Stickstoff, zugemischt ist. Er fand, dass durch solchen Zusatz die Verbrennungstemperatur stets herabgedrückt wird, weil durch die entwickelte Wärme das unverbrannte Gas miterwärmt werden muss. Aber schon für die reinen Knallgase ist jene Temp. bedeutend niedriger, als sie sich aus der Verbrennungswärme und den specif. Wärmen berechnet, in Folge der Dissociationsfähigkeit der Verbrennungsprodukte. Während daher der Prozentsatz der nicht verbrennenden Beimischung kleiner wird, nähert sich die Verbrennungstemperatur immer langsamer dem Grenzwerth für reines Knallgas. Da die chem. Natur der angewendeten Gase keinen erheblichen Einfluss zeigt, so kann man sämmtliche Versuche Bunsen's in eine Reihe zusammenstellen, um die Veränderlichkeit der Verbrennungstemperatur zu veranschaulichen. Ich habe daraus die punktirte Curve auf Tafel IV construirt; die Verbrennungstemp. sind als Ordinaten benutzt, während die Abscissen dieselbe Bedeutung haben, wie für die Curve des Affinitätscoëfficienten. Die Curve würde, bis zur Abscisse 100 fortgesetzt, d. h. für reines Knallgas etwas unter 3000° endigen. Zu diesem Grenzwerth erhebt sie sich Anfangs schneller und später langsamer. Aber die Steigung beginnt gerade dort schwächer zu werden, wo die Curve des Affinitätscoëfficienten ihr Maximum erreicht. Dieses Zusammentreffen spricht deutlich, wie ich glaube, für einen Zusammenhang zwischen der Verbrennungstemperatur und dem Affinitätscoëfficienten.

Ich füge hinzu, dass die schon erwähnten theoretischen Betrach-

tungen ebenfalls einen solchen Zusammenhang ergeben. Der Affinitätscoëfficient sollte darnach mit der Temperatur abnehmen, wie es in der That auf dem ersten Theil der Curven der Fall ist. Auf der andern Hälfte, wo diese Uebereinstimmung nicht stattfindet, ist einmal die Aenderung der Verbrennungstemperatur an sich geringer; ausserdem aber wird hier die Dissociation der Verbrennungsprodukte stärker und es kommt der zweite der früher erwähnten Umstände, die Menge der Verbrennungsprodukte, mehr in Betracht. Beide Umstände können vielleicht die direkte Wirkung der Verbrennungstemperatur verdecken, doch habe ich bis jetzt kaum eine Vermuthung, wie dieselben in Rechnung zu ziehen sein werden. Ich will in dieser Beziehung nur bemerken, dass ausser der Verbrennungstemperatur selbst, d. h. ausser der höchsten Temperatur während der Verbrennung, möglicherweise auch die Dauer dieser Temperatur oder die Geschwindigkeit, mit der dieselbe entsteht und wieder vergeht, auf den sog. Affinitätscoëfficienten bestimmend einwirkt, und dabei könnte wohl der Grad der Dissociation und die Menge der Verbrennungsprodukte, und die damit verbundenen Aenderungen des Drucks und der physikalischen Eigenschaften der Gase während der Verbrennung in Betracht kommen.

Es ist wahrscheinlich, dass noch eine Reihe von Umständen einen Einfluss auf die Vertheilung des Sauerstoffs unter die brennbaren Gase ausüben, z. B. die Art der Entzündung [1]), die Weite des Eudiometers [2]), der Druck bei der Verbrennung etc. Ich glaube aber nach gelegentlichen Beobachtungen annehmen zu dürfen, dass diese Einwirkungen nur untergeordneter Art sind, dass sie das Gesammtbild der Erscheinung, wie es sich aus der bisherigen Untersuchung ergibt, nicht wesentlich ändern können. Ich werde daher dieselben, vorläufig wenigstens, nicht in die Untersuchung hereinziehen.

[1]) Vergl. die oben angeführten neueren Versuche von Bunsen.

[2]) Vergl. E. v. Meyer (a. a. O.); da die betreffenden Versuche kein constantes Resultat ergeben haben, und da man den Einfluss der Weite des Eudiometers auf die Vertheilung des Sauerstoffs noch in keiner Weise vorherbestimmen kann, so scheint es mir nicht gerechtfertigt, wenn Herr v. Meyer die von ihm anfänglich ebenfalls vermuthete Beziehung zwischen Verbrennungstemp. und Aff.-Coëff. auf Grund jener Versuche bestreitet.

Nach einer andern schon erwähnten Richtung dagegen beabsichtige ich fortzuarbeiten. Ich habe nachgewiesen, dass durch die Anwesenheit von Wasserdampf vor der Verbrennung die Menge des gebildeten Wasserdampfs vermindert, die Verbrennung des Kohlenoxyds begünstigt wird [1]). Einen ähnlichen Einfluss, nur in entgegengesetzter Richtung, hat, nach einigen wenigen Versuchen mit feuchten Gasen, auch das andere Verbrennungsprodukt, die Kohlensäure. Ihre Anwesenheit bewirkt, dass mehr Wasserstoff verbrennt und weniger Kohlenoxyd. Für Kohlensäure lässt sich dieser Einfluss viel einfacher und ausführlicher studiren als für den Wasserdampf, und das Interesse an diesem Studium wird durch die vorstehenden Resultate erhöht, denn es muss danach die Wirkung eine doppelte sein, einmal eine physikalische, indem die Kohlensäure, als ein unverbrennliches Gas, wie der Stickstoff, den Affinitätscoëfficienten verändert, und zweitens eine chemische, indem sie als Verbrennungsprodukt sich an der Reaktion betheiligt, die Bildung neuer Kohlensäure erschwert und sogar unter Umständen selbst zu Kohlenoxyd reducirt wird. Auf diesen Einfluss sollen meine ferneren Versuche gerichtet sein. Da dieselben voraussichtlich noch längere Zeit in Anspruch nehmen werden, habe ich mir erlaubt, im Vorstehenden wieder einen Theil meiner Untersuchung zu veröffentlichen, muss mir aber dabei, wie früher, eine weitere Diskussion des Beobachtungsmaterials bis nach Vollendung der ganzen Arbeit vorbehalten.

---

[1]) Die Versuche des Herrn v. Meyer sind, wie ich durch gütige Privatmittheilung weiss, sämmtlich mit feuchten Gasen angestellt. Die Vergleichung derselben mit den meinigen, soweit ich sie durchgeführt, bestätigt durchweg meine Folgerung.

Ueber die Entwicklung des Samens von Monotropa Hypopitys L.

von

Ludwig Koch.

In der Literatur fehlt es nicht an Angaben über die Samenentwicklung von Monotropa Hypopitys. Karl Müller[1]), Hofmeister[2]), Schacht[3]), in neuester Zeit Solms-Laubach[4]) u. a. haben sich mehr oder weniger eingehend mit der Entwicklung des Keimlings, der Anatomie des reifen Samens und der Ovula der genannten Pflanze beschäftigt. Weniger Berücksichtigung hat die Entstehung der Samenknospe erfahren; über deren erste Entwicklungsstadien möge daher zunächst Einiges hier Erwähnung finden.

Die Bildung des Ovular-Höckers wird dadurch eingeleitet, dass in verhältnissmässig wenigen Zellen der ersten Periblemlage der Placenta tangentiale Theilungen eintreten, dass fast gleichzeitig mit jenen die über dem Theilungsheerd liegenden Zellen des Dermatogens an-

---

[1]) Karl Müller, 1847. Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Pflanzen-Embryo. Botanische Zeitung 1847, pag. 753.

[2]) Hofmeister, 1849. Die Entstehung des Embryo der Phanerogamen pag. 34. Taf. XII, Fig. 1—16.

[3]) Schacht, 1850. Entwicklungsgeschichte des Pflanzen-Embryo, pag. 127, Taf. XXI., Fig. 1—7.

[4]) H. Graf zu Solms-Laubach. 1874. Ueber den Bau der Samen in den Familien der Rafflesiaceen und Hydnoraceen. Botanische Zeitung, 1874. pag. 358.

schwellen und radiale Wände, d. h. solche, welche senkrecht auf die Aussenfläche der Placenta gestellt sind, anlegen.

In der Mitte der noch sehr schwachen Ovular-Anschwellung, unterhalb des sich radial theilenden Dermatogens, finden sich in diesem Stadium vier Tochterzellen, die aus einer Periblem-Mutterzelle entstanden sind, welche sich erst tangential, dann radial getheilt hat. Die Form jener Zellen, die dicht, ohne Intercellularräume an einander anschliessen, ist eine nahezu würfelförmige. Seitlich schliessen sich ihnen Periblemzellen derselben Lage an, die indessen nur wenige Theilungen ausgeführt haben. Sie gehen weniger in die Ovular-Bildung ein, vermitteln vielmehr den Uebergang des aus den erstgenannten vier Zellen bestehenden Füllgewebes der jungen Anlage mit dem Periblem der Placenta.

Während sich das Dermatogen des Ovular-Höckers radial weiter theilt, verlieren die ursprünglich ziemlich gleich gestalteten vier Füllzellen insofern ihre gleiche Form, als von den beiden dem Dermatogen anliegenden Zellen die eine in ihrem Wachsthume überwiegt, ihre eine radiale Wand mehr schräg stellt und so nach und nach die Spitze des Füllgewebes der Ovular-Anlage einnimmt. — Jetzt besteht das junge Ovulum, im optischen Längsschnitt betrachtet, gewöhnlich aus 10—12 Dermatogenzellen. Diese umschliessen ein 2 Zelllagen starkes Füllgewebe, an dessen Spitze eine Initialzelle steht, die ihre nach dem Innern der Placenta gekehrten Wände etwa nach Art einer Scheitelzelle gestellt hat.

Sehr bald tritt auch eine leichte Krümmung des Ovular-Höckers, veranlasst durch einseitige radiale Theilung, vorzugsweise des Füllgewebes, ein, die das Ovulum zur anatropen Form überführt. Es treten ferner auch tangentiale Theilungen, d. h. solche auf, die das Füllgewebe um eine Zelllage vermehren.

Endlich bildet sich in diesem Stadium der Funiculus mehr aus, der die junge Samenknospe in die Höhe schiebt und von der Placenta entfernt. Ferner entsteht, nahe der Spitze des Ovulums, die Anlage des Integumentes in der Art, dass, im optischen Längsschnitt betrachtet, eine Dermatogenzelle anschwillt und durch eine

schräge Wand eine Zelle entstehen lässt, die in ihrer Form einer Scheitelzelle ähnelt, dagegen bei ihrer Theilung keine regelmässige Theilungsrichtung zeigt. Diese Dermatogen-Anschwellung, die als Ringwall das Ovulum umzieht, wächst später über die Spitze des Knospenkernes noch ziemlich weit hinaus und besteht bei dem ausgewachsenen Ovulum aus einer doppelten Zelllage, an deren Spitze sich die charakteristisch geformte Initialzelle noch vorfindet.

Der Embryosack entsteht gewöhnlich aus der Initialzelle des Füllgewebes. Diese Zelle drängt schon früh — gelegentlich der Krümmung des Ovulums — auf das deckende Dermatogen und verdrängt es schliesslich an der Spitze des Ovulums gänzlich. Aehnlich ergeht es einem Theil des Gewebes des Knospenkernes, so dass bei dem ausgewachsenen Ovulum der Embryosack sich schlauchförmig bis in die Gegend der Chalaza erstreckt.

An dem Knospengrund findet sich noch ein aus nicht allzuviel Zellen bestehendes, unregelmässig gestelltes Füllgewebe vor, das nicht selten noch theilungsfähig ist und dann ein Weiterwachsen des Ovulums in späteren Stadien in der Art veranlasst, dass hier ein meist gebogener Fortsatz der Chalaza entsteht.

Der Funiculus ist gewöhnlich vier Zelllagen stark und entbehrt jeder fibrovasalen Elemente.

Aus dem Gesagten geht somit hervor, dass die Ovula-Entwicklung von Monotropa eine wesentlich einfachere ist, als diejenige der bis jetzt hierauf genauer untersuchten Phanerogamen. Nach Warming[1]) zeigen die entstehenden Samenknospen von Ribes nigrum u. a. tiefer gehende Theilungen der periblematischen Schichten der Placenta. Es spielt ferner die subepidermidale Zellschicht, gegenüber den tiefer liegenden Zellpartien, insofern eine besondere Rolle, als aus ersterer der eigentliche Nucleus, aus letzterer der primäre Ovular-Höcker, später der Funiculus entsteht. Bei dem verhältnissmässig einfachen Ovulum von Monotropa fällt jene Differenzirung weg, da die ganze Anlage

1) Warming, Bemerkungen über das Eichen. Botanische Zeitung 1874, Nr. 30.

hier der subepidermidalen Schicht entstammt, in tiefer liegenden Partien dagegen meistens keine oder höchstens nur unbedeutende Theilungen auftreten.

Auch die weitaus stärkeren Ovula von Oenothera biennis zeigen nach Kny [1]) bei ihrer Anlage tiefer gehende Theilungen der periblematischen Schichten der Placenta. Ferner entsteht der Embryosack bei Oenothera nicht wie bei Monotropa direkt unter der epidermidalen Schicht des Ovular-Höckers, sondern einige Zellen tiefer.

Uebereinstimmender verhält sich die Anlage des Integumentes. Wie das erste Integument, nach den vorliegenden Mittheilungen von Kny, Warming u. A., in der Regel aus dem Dermatogen entsteht, so auch das einzig vorhandene von Monotropa.

Unter den in der Literatur vorhandenen Abbildungen des ausgewachsenen Ovulums von Monotropa erscheinen diejenigen Hofmeister's [2]) als die exaktesten.

Schacht [3]) gibt mehr Umrisszeichnungen, die Zeichnungen Müller's [4]) sind die am wenigsten vollkommenen.

Gehen wir jetzt zur Betrachtung des Embryo selbst über.

Müller [5]) hat den äusserst kleinen Keimling von Monotropa wohl gesehen, aber für „die Stammaxe der Pflanze" gehalten, als Embryo selbst dagegen das ganze Endosperm angesehen. Hofmeister [6]) erkannte den Irrthum Müller's und sagt von dem kleinen Keimling, dass er aus zwei halbkugeligen Zellen bestehe, an denen sich noch der schlauchförmige Vorkeim befinde. Solms-Laubach [7]) endlich bestreitet die Zweizelligkeit des Embryo und theilt demselben fünf Zellen zu; auch deuten dessen Zeichnungen auf einen abnormen embryonalen Bau hin.

---

[1]) Kny. Wandtafeln für den botanischen Unterricht. 2te Abtheil. pag. 53.

[2]) a. a. O. Taf. XII, Fig. 1—16.

[3]) a. a. O. Taf. XXI, Fig. 1—7.

[4]) a. a. O. Taf. VII, Fig. 23—34.

[5]) a. a. O. pag. 754.

[6]) a. a. O. pag. 36.

[7]) a. a. O. pag. 358.

Um auf diese widersprechenden Angaben näher eingehen zu können, möchte ich, anknüpfend an die Anatomie der Samenknospe, zunächst die Entwicklung des Keimlings von der Eizelle an schildern.

Nach der Befruchtung wächst die Eizelle in einen fadenförmigen Vorkeim aus, der zunächst keinerlei Theilungen zeigt und an seiner wachsenden Spitze so ziemlich die Gesammtmenge des Protoplasmas enthält, das sich von der Keimzelle aus nach und nach hierhergezogen hat. Schon vor dessen Austreiben sind in dem Embryosack selbst Veränderungen in der Art vorgegangen, dass derselbe sich in der Mitte bedeutend erweitert und hier die erste Endospermwand durch Theilung angelegt hat. Dieser folgen rasch zwei weitere Querwände, und zwar erscheinen diese an den Enden der eiförmigen Anschwellung des Embryosackes. Sie theilen nach der Chalaza wie der Mikropyle hin zwei ziemlich gleiche Partien des Embryosackes ab, die, wie schon hier gesagt werden soll, steril bleiben und nicht in die Endospermbildung eingehen. In der nach der Mikropyle liegenden sterilen Partie befinden sich Eizelle und Vorkeim. Letzterer geht mit Leichtigkeit durch die Endospermwand durch und gelangt nach der nächst höheren, später fertilen, Endospermzelle, in welch' letzterer inzwischen auch eine Längstheilung stattgefunden hat. Hier beginnt nun sein Ende kugelig anzuschwellen, und wird zunächst die Embryonalkugel von dem Vorkeim durch eine Querwand abgetheilt. Alsdann folgen, ziemlich rasch hintereinander, zwei senkrecht aufeinanderstehende meridiane Wände und in jedem der so entstandenen Quadranten zeigen sich dann die normalen äquatorialen Theilungen. Zum Schluss wird noch, als Hypophyse, dem Embryo eine Zelle des Vorkeims zugetheilt.

Während dieser Vorgänge ist durch das Wachsthum des Vorkeims der Embryo an die nächst höhere Querwand des Endosperms vorgeschoben worden. Er durchbricht indessen diese Wand nicht mehr, sondern drängt sie nur gegen die Mitte der nächsten Zelle in der Art hin, dass sie über der Keimkugel etwa in einen spitzen Winkel gebogen erscheint. Ein ähnliches Bild entsteht in der bereits durchwachsenen unteren Zelle dadurch, dass die Längswand des Endosperms, an ihrer Ansatzstelle an der oberen Querwand, seitlich zurückgedrängt

erscheint, ferner, dass symmetrisch mit jener Längswand eine weitere Endospermwand gestellt ist, die entweder einer Neubildung oder vielleicht der Spaltung der ursprünglichen Längswand seitens des durchgehenden Keimschlauches ihr Entstehen verdankt. Jenen Wänden schliesst, in dem reifen Samen, der Keimling stellenweise so dicht sich an, dass er, besonders bei nicht genügend aufgehellten Präparaten, nur schwer sichtbar ist.

Die ersten Stadien der Keimentwicklung von Monotropa sind nach dieser Darstellung ziemlich genau übereinstimmend mit den Angaben Hofmeister's. Mit der vorgerückten Ausbildung des Endosperms und der hierdurch bedingten Undurchsichtigkeit der Ovula scheint Hofmeister weniger auf die fundamentalen Theilungen des Embryo, deren Gesetzmässigkeit ja damals noch unbekannt war, geachtet und nur die äquatoriale Wand gesehen zu haben. Daher die Angabe, der Embryo sei zweizellig. Genauer, gegenüber Solms-Laubach, der dem Embryo eine eckige Gestalt gibt, erscheint mir die entsprechende Zeichnung Hofmeister's [1]), nach welcher der im Endosperm liegende Keimling eine runde Form besitzt.

Wenn endlich Solms-Laubach den Embryo als aus fünf Zellen aufgebaut schildert, so scheint mir das daher zu kommen, dass demselben die Existenz der zweiten meridianen Wand entgangen ist. Mit der Annahme einer solchen würde die Zahl fünf sich auf die richtige Zahl neun erhöhen.

Der Keimling von Monotropa entwickelt sich nach meinen Beobachtungen vollständig entsprechend dem von Hanstein festgestellten dicotylen Entwicklungstypus. Er entspricht einem dicotylen Keimling, der nicht über die ersten charakteristischen Kreuztheilungen hinausgekommen ist.

Ueber die weitere Ausbildung des Samens ist wenig mehr nachzutragen. Während sich das Endosperm in dem mittleren Theil des Embryosackes ausbildet, fallen dessen sterile Partien — also die nach der Chalaza wie der Mikropyle hin schon früh abgetheilten Stücke des Embryosackes — zusammen und bilden zur Zeit der Samen-

[1]) a. a. O. Taf. XII, Fig. 16.

reife strangartige Anhängsel des Sameneiweisses. Ueber dem letzteren findet sich die aus den wenigen, das Sameneiweiss umkleidenden Zellen entstandene Testa, deren Zellen stellenweise zusammengefallen, deren Membranen verkorkt sind und eine braune Färbung angenommen haben.

Aehnlich den sterilen Endospermpartien gehen nach der Chalaza wie der Mikropyle liegende Partien der Samenknospe zu Grunde. Einestheils ist das der Auswuchs, der sich, wie oben erwähnt, häufig an dem Knospengrund bildet, anderntheils der langgestreckte Funiculus, sowie das ebenfalls nicht unbedeutend in die Länge entwickelte eine Integument. Diese Theile fallen zusammen und lösen sich gelegentlich von dem etwa in der Mitte des Ovulums liegenden Endosperm los. Das letztere selbst besitzt eine eiförmige Gestalt und ist im Längendurchmesser nicht über 4, im Querdurchmesser nicht über 2 Zelllagen stark. Die Längswände des Endosperms liegen endlich nicht in einer Ebene. Die Wände der oberen Partie sind gegenüber den unteren Endospermwänden um etwa 90 Grad gedreht.

Proskau, pflanzenphysiologisches Institut der königl. landw. Akademie im Juli 1877.

Geschäftliches.

Als ordentliche Mitglieder wurden in den Verein aufgenommen die Herren: Dr. Braun, Dr. Cohnstein, Buchhändler Köster, Professor Czèrny.

Alle Sendungen bittet man wie bisher an den Schriftführer Prof. Alex. Pagenstecher richten und aus den gedruckten Verzeichnissen der Eingänge die Bestätigung und den Dank des Vereins entnehmen zu wollen.

Verzeichniss

der vom 1. April bis 1. August 1877 eingegangenen Druckschriften.

Der Zoologische Garten. 1876. 7—12. Frankfurt a. M.

Société entomologique de Belgique. Série II. 35—40.

Sitzungsberichte der naturwiss. Gesellschaft „Isis" in Dresden. 1876. Jan. — Dez.

Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam:

Verslagen en Mededelingen. II. Jeeks. X.

Proces Verbaal 1875/76.

Bulletin de l'Académie Imp. des sciences de St.-Pétersbourg. XXIII. 2. 4.

Nuovo giornale botanico italiano. IX. 2. 3.

Sitzungsberichte der K. Akad. d. Wissenschaften in Wien. 1877. 8—19.

Bulletin de la société des sciences de l'Yonne. 30.

Mittheilungen des naturwissenschaftlichen Vereins in Aussig.

Giornale della società di Letture econom. scient. di Genova I. 3—7.

H. Wild, Annalen des physik. Centralobservatoriums zu Petersburg.

Schriften des Vereins zur Verbreitung naturw. Kenntnisse in Wien. 17.

Bulletin de la societé Vaudoise des sciences naturelles à Lausanne. 25. XIV. 77.

3. Jahresbericht des naturw. Vereins zu Osnabrück. 1874/75.

Leopoldina. XIII. 5—14.

Société nationale des sciences naturelles de Cherbourg. Compte rendu de l. séance extraord. 30. Dez. 1876.

Académie des sciences et lettres de Montpellier, mémoires. VIII. 3.

Abhandlungen herausgeg. v. naturw. Vereine zu Bremen. V. 2.

Bulletino della società entomologica italiana. IX. 1. (Firenze) Rendiconti della stessa. 1876 Dez. 1877. 1.

Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften von C. G. Giebel. N. F. XIII. XIV. Halle.

Bulletin de la Soc. Impér. des naturalistes de Moscou. 1876. 3. 4.

Archiv des Vereins d. Freunde d. Naturg. in Mecklenburg. XXX.

Jahresbericht der Zoolog. Section des Westphäl. Provinzialvereins für Wissenschaft und Kunst. Münster. 1876/77.

Deutsche Seewarte. Monatl. Uebers. der Witterung. Mai 1876. Jan. bis März 1877. Hamburg.

Jahresbericht d. physikal. Vereins zu Frankfurt a. M. 1875/76.

Meteorologische Beobachtungen in Dorpat. 1875. A. v. Oettinger und K. Weihrauch.

Sitzungsbericht d. K. Ak. d. Wissenschaften zu München. Math.-phys. Cl. 1876. III. 1877. 1.

Notizblatt des Vereins für Erdkunde. L. Ewald. Darmstadt. III. F. XV.

Ballasrat school of mines. Report. 1875/76.

Verhandlungen der phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg. X. 3 u. 4.

Verhandlungen der K. K. geologischen Reichsanstalt zu Wien. 1877. 1—5.

Bulletino della società Adriatica di scienze naturali in Triesto I. III.

Schriften der naturf. Gesellschaft in Danzig. N. F. VI.

Vom Reale Comitato Geologico di Roma: Cenni sul lavoro della carta geologica. Bollettino VII. 1—12.

Annual Report of the Museum of comparative Zoology at Harvard College. Cambridge, Massachusetts.

Von der Dorpater naturforschenden Gesellschaft: Sitzungsbericht. IV. 2. Archiv für die Naturkunde Liv-, Esth- und Kurlands. VII. 5. VIII. 1—3.

Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft zu Berlin. XXVIII. u. XXIX.

77. Verslag van het Naturkundig Genootschap te Groningen. 1876.

Mémoires de la société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux. II. 1.

Washington, Surgeon General's office, circular Nro. 9 (Transport of sick and wounded by pack animals).

J. Schulze, Prospekt für Errichtung eines Sanatoriums in Syrakus.

Verhandlungen der physikal.-medizin. Gesellschaft in Würzburg. N. F. XI. 1 und 2.

Mittheilungen des Vereins der Aerzte in Steiermark. XIII. 1 u. 2. Graz.

Bulletin de la société des sciences médicales du Gr. D. de Luxembourg. 1877.

Von und durch Smithsonian Institution zu Washington.

U. S. Geological Survey of Montana t. 1871/72. Hayden.

Catalogue of the publications of the U. S. Geol. and Geographical survey. 1877.

Statistical tables relating to the colony of Victoria, compiled for the international exhibition at Philadelphia.

Report of the commissioner of agriculture for 1875.

Monthly reports of the department of agriculture for 1875 und 76.

Smithsonian report 1875.

Von U. S. Department of the Interior zu Washington.

U. S. Geological Survey of the territories. F. V. Hayden. 1876.

Synopsis of the Acridiidae of North America. C. Thomas. 1873.

Von der Gesellschaft der Wissenschaften in Prag: Sitzungsbericht 1876. Jahresbericht vom 12. Mai 1876, Abhandlungen math.-naturw. Cl. VI. F. 8.

Verhandlungen d. K. K. Zool. Botan. Gesellschaft in Wien. XXVI.

Proceedings of the Royal Society, London. Vol. XXIV. 164—174.

VIII. Jahresbericht des Vereins für Naturkunde in Oesterreich ob der Enns zu Linz 1877.

Von Konyglige Norske Universitet Christiania:

E. Schönberg: Om Tverlejets Behandling og skulderfodslen 1875.

Korpslaege Vedeler: Retroversion og Retroflexion of den usvangre Livmoder 1876.

J. Sparre Schneider: Enumeratio insectorum Norvegicorum fasc. III. IV. 1876/77.

Forhandlinger: Videnskabs-Selskabet; Christiania. Aar 1875.

Berekning om Simdhedstilstanden og Medicinalforholdene i Norge. 1872/73.

Tabeller over de Spedalske i Norge 1875.

Oversigt over Sindsygedsylernes Virksamhed 1874/75.

Sitzungsberichte der naturforsch. Gesellschaft zu Leipzig. 1874—77. 1.

Bulletin de la société d'histoire naturelle de Colmar, 16 u. 17.

24. Bericht des naturhistor. Vereins in Augsburg.

Beiträge zur Kenntniss des Baues der Sehnen.

Nach einem Vortrage, gehalten am 15. Februar

von **Karl Mays.**

Die Meinungsverschiedenheiten über den Bau der Sehnen erstrecken sich vorwiegend auf die Gestalt der in denselben enthaltenen zelligen Elemente und deren Derivate, auf die Frage, ob in den Sehnen gewisse Räume präformirt sind, in denen die ernährenden Säfte strömen, welches, falls dies der Fall ist, deren Gestalt und wie sich die zelligen Elemente zu ihnen verhalten; endlich ist auch die Frage nach den in der Sehne enthaltenen elastischen Elementen noch nicht endgültig entschieden.

Es ist mir durch einige für die Sehne bis jetzt weniger oder noch nicht gebrauchter Methoden gelungen, einige Beiträge zur Klärung dieser Fragen liefern zu können, und ich möchte die Hauptergebnisse meiner Untersuchungen hiermit zur allgemeinen Kenntniss bringen, indem ich mir die genauere Ausführung vorbehalte.

Als Object dienten mir fast ausschliesslich die Sehnen des Frosches und zwar unter diesen vorwiegend die Beugesehnen der Zehenglieder.

Zur möglichsten Isolation der zelligen Elemente leisteten mir Goldpräparate die besten Dienste. Die Sehne wurde nach der Reduction zerfasert und in Glycerin untersucht.

An solchen Präparaten erkennt man folgende Verhältnisse: Die zelligen Elemente der Beugesehnen der Frösche sind im Wesentlichen in zwei Gruppen zu trennen: erstens in im allgemeinen quadratische, zweitens in langgestreckte Elemente. Jede Art dieser Zellen ist auf

bestimmte Strecken der Sehne im Allgemeinen beschränkt, jedoch so, dass zwischen den quadratischen auch langgestreckte vorkommen, während da, wo die letzteren sich finden, fast nie quadratische getroffen werden.

Die Gestalt der quadratischen Zellen ist eine platte, wie man sich am besten überzeugt an Zellen, die Fibrillenzügen in der Art aufliegen, dass der Kern in reinem Profil erscheint. Letzterer springt dann vor, während die übrigen Theile der Zelle sich dicht an die darunter liegenden Fibrillenzüge anschliessen. Die übrigen Theile der Zelle sind eine hyaline Membran und darauf liegendes, ebenfalls platt ausgebreitetes Protoplasma. Der Ausdruck quadratisch ist für die Platte nur im Allgemeinen geltend; es kommen verschiedene, unregelmässige Formen vor. Die Zellen sind in Reihen angeordnet, oder in grösseren Complexen; ihre Begrenzung gegen einander wird durch eine schmale Kittleiste hergestellt, die sich mit Gold violett färbt. Die seitliche Begrenzung der Zellen ist oft eine verwischte. In Betreff des von Boll für die Sehnenzellen als characteristisch beschriebenen Gebildes, des elastischen Streifens, schliesse ich mich denjenigen an, die denselben als ein Kunstproduct betrachten; Gerinnungen im Kern scheinen mir am häufigsten dieses Gebilde vorzutäuschen. Für die Ansicht Waldeyers, der den Boll'schen Streifen als Kantenansicht von Nebenplatten deutet, konnte ich bei den Froschsehnen keine Anhaltspunkte finden; ich halte die Zellen vielmehr für einfache Endothelien.

Die langgestreckten Elemente in der Sehne stellen entweder einfache Spindeln dar, die manchmal einen ebenfalls langgezogenen Kern und spärliches Protoplasma besitzen, oder sie sind hyalin. Oder aber diese Elemente sind ebenfalls in Reihen angeordnet, deren Mittelglieder oblong sind und deren Endglieder spitz auslaufen. An den Mittelgliedern dieser Reihen sind die Kerne häufig so gestellt, dass sie an den sich zugewandten Enden der Zellen gelegen sind, jedoch scheint dies Verhältniss nicht so häufig zu sein wie in den Sehnen im Schwanze der Nager.

Für elastischer Natur halte ich mit vielen andern Beobachtern die basalen Platten der endothelartigen Zellen; ob ausserdem noch strukturlose elastische Häute in der Sehne enthalten sind, konnte ich

mit Bestimmtheit nicht erkennen. Elastische Fasern kommen in den Sehnen in wechselnder Menge vor; sie ziehen sich immer auf lange Strecken hin.

Ausserdem kommen in den Sehnen der Frösche anorganische und zwar Kalkablagerungen vor in der Form von eigenthümlichen, sehr glänzenden Kalkstäbchen. Dieselben werden durch Kochen der Sehne in destillirtem Wasser oder durch Einlegen in Kalilauge sehr deutlich sichtbar gemacht. Ihre Länge ist verschieden, ihre Breite nahezu gleich. Sie sind nicht in allen Sehnen vorhanden; am häufigsten finden sie sich in der Sehne des *Musculus sternoradialis*, wo sie manchmal so dicht gedrängt liegen, dass man, wenn man die Sehne gekocht hat, an manchen Stellen ausser diesen Gebilden gar nichts weiter erkennen kann.

Um die Sehne *in toto* zu untersuchen, empfiehlt sich am meisten eine 1procentige Eisenvitriollösung, in der dieselbe, dem Thier entnommen, sofort untersucht werden kann. Die Sehne wird durch dieses Reagens aufgehellt, ohne zu quellen; ihre fibrilläre Struktur bleibt deutlich und die Zellen treten äusserst scharf hervor. Details der letzteren, nämlich Protoplasma und Kern jedoch erst nach einiger Zeit.

Durch solche Präparate wird die Form der Zellen, wie sie an zerzupften Goldpräparaten zu sehen ist, bestätigt; sie machen auch hier vollständig den Eindruck von platten Zellen, die sich direct auf gewölbte Fibrillenzüge auflegen. Das Protoplasma breitet sich nahezu über die ganze Platte aus, der Kern ist sehr gross und zeigt häufig ein deutliches Kernkörperchen.

Die Reihen der Zellen liegen nicht dicht nebeneinander, sondern es bleiben zwischen ihnen Züge, die nur eine fibrilläre Struktur erkennen lassen.

Um die Kittleisten der Zellen zu färben, kann man aus dem Eisenvitriol die dem Berliner Blau ähnliche Verbindung durch rothes Blutlaugensalz darstellen. Man legt die Sehne am besten zuerst in eine ½procentige Lösung dieses Salzes einige Minuten, wäscht sie sodann etwas ab und bringt sie in eine 1procentige Eisenvitriollösung. Die Untersuchung geschieht in letzterer oder in Canadabalsam.

An Eisenvitriolpräparaten erkennt man ebenfalls, dass die soeben beschriebenen Zellen nur an beschränkten Stellen der Sehne vorkommen; an den übrigen sieht man spindelförmige Figuren, die den Eindruck von Lücken machen; in denselben findet sich häufig ein Kern, der oft deutlich wandständig gelegen ist und manchmal auch etwas Protoplasma. Andere der Lücken erscheinen leer. Die Lücken hängen öfters durch helle Linien untereinander zusammen oder mit den spitz zulaufenden Endzellen der Reihen der platten Zellen. Wahrscheinlich entsprechen viele der an der zerzupften Sehne wahrgenommenen spindelförmigen Figuren dem Inhalt dieser Räume und sind als eine dieselben auskleidende Membran zu betrachten, der, gegen das Lumen zu, häufig Kern und Protoplasma anliegt.

Dass diese Figuren wirklich Räumen entsprechen, wird bestätigt durch die Bilder, die man erhält, wenn man Indigkarmin in das Blut der Frösche infundirt. Bei diesem Verfahren findet man nämlich ganz scharf contourirte spindelförmige Figuren, die häufig unter einander zusammenhängen; ausserdem sieht man etwas unregelmässige Abscheidungen, die in ihrer Vertheilung sehr an die Anordnung der platten Zellen erinnern. Diese Ausscheidungen scheinen in Räumen gelegen zu sein, die von den platten Zellen austapezirt werden. Für diese Vermuthung spricht der Querschnitt, wovon sogleich. Auf dem Längsschnitt erkennt man ferner noch Ausscheidungen in Form feiner Punkte und Striche in grösserer Anzahl und unregelmässiger Vertheilung; diese liegen wahrscheinlich interfibrillär. An einem Band des Kniegelenks erhielt ich auch bei der Indigkarmininfusion eine sehr schöne Kittleistenzeichnung.

Auf Querschnitten erhält man bei dieser Methode die sternförmigen anastomosirenden Figuren gefüllt. Zwischen diesen tritt der Farbstoff in kleinen und etwas grösseren Punkten auf.

Betrachtet man den Querschnitt der Sehnen von Thieren, an denen keine Infusion vorgenommen ist, so stellt sich heraus, dass derselbe nicht nur an verschiedenen Sehnen, sondern auch an verschiedenen Stellen einer Sehne sehr verschieden ist. Bald sind wirklich anastomosirende sternförmige Figuren vorhanden, bald fehlen die Anastomosen,

bald ist der ganze Querschnitt nahezu homogen und nur einzelne kleine kreisförmige Figuren darin eingesprengt, so dass die Sehne nicht an allen Stellen aus ganz abgegrenzten Bündeln bestehen kann.

In den sternförmigen Figuren sieht man häufig Kerne, über deren Lage man aber für gewöhnlich nicht in's Klare kommt. Bringt man aber den Schnitt zur Quellung, so werden aus den sternförmigen Figuren weite Lücken, und der Kern bleibt immer an einem Grenzcontour dieser Lücken haften.

Endlich finden sich in dem Sehnenquerschnitt häufig feine Pünktchen, die zum Theil wohl elastischen Fasern entsprechen, zum Theil aber sicher auch den Kalkstäbchen, wenn keine Säure angewandt wurde.

Für den Bau der Sehnen scheint mir aus diesen Befunden hervorzugehen, dass in denselben verschiedene Räume existiren, die für die Saftströmung bestimmt sind. Ein Theil dieser Räume ist spindelförmig und auf dem Querschnitt rund, ein anderer Theil ist auf dem Querschnitt sternförmig und zieht sich auf dem Längsschnitt auf längere Strecken hin. Fast alle Räume enthalten wandständige Zellen, und zwar liegen diese direct auf den Fibrillenzügen, die entweder einfach auseinanderweichen und sich wieder vereinigen, bei den spindelförmigen Lücken, oder die dadurch, dass sie gegen das Lumen vorspringen, den sternförmigen Querschnitt desselben bedingen. In manchen der spindelförmigen Räume jedoch fehlt Kern und Protoplasma.

Es ist möglich, dass diejenigen Stellen der Sehnen, die ausschliesslich spindelförmige Räume enthalten, spätere Entwicklungsstadien darstellen, so dass, wenigstens bei den Beugesehnen der Zehen der Frösche, in einer Sehne verschiedene Entwicklungsstadien repräsentirt wären, so dass da, wo die früheren sich finden, das Wachsthum der Sehnen von Statten gehe.

Die Saftströmung dürfte derart sein, dass sie zuerst in die eben beschriebenen Räume eindringt, von da durch die Wände der Räume an der Stelle der Kittleisten in's Gewebe übergeht, um sich interfibrillär zu verbreiten.

Ueber eine neue Methode, um die Vertheilung der Wachsthumsintensität in wachsenden Theilen zu bestimmen.

Von E. Askenasy.

Unsere Kenntnisse über das Wachsthum der Pflanzen, die lange Zeit nur sehr oberflächlicher Art waren, haben in den letzten Jahren namentlich durch die Arbeiten von Sachs, eine gesicherte Grundlage erhalten. Man kann das Wachsthum von zwei Gesichtspunkten aus betrachten, je nachdem man untersucht, wie dasselbe unter möglichst constanten äusseren Bedingungen verläuft, oder wie es durch Aenderungen der letzteren beeinflusst wird. Wir werden es in diesem Aufsatze hauptsächlich vom ersten Gesichtspunkte aus studiren und dabei zunächst allein das Längenwachsthum berücksichtigen, das auch bei den bisherigen Untersuchungen vorzüglich in's Auge gefasst worden ist.

Die bisherigen Untersuchungen über das Wachsthum unter constanten äusseren Bedingungen waren besonders auf folgende Punkte gerichtet. Man hat ermittelt, wie gross der gesammte Längenzuwachs ist, welchen einzelne wachsende Pflanzentheile (Stengel, Wurzeln, Blätter) in gleichen aufeinanderfolgenden Zeiträumen zeigen und welchen Veränderungen derselbe in längeren Zeitperioden unterliegt. Man hat ferner die Lage und Ausdehnung der Region, innerhalb deren Wachsthum stattfindet, für verschiedene Pflanzentheile näher festgestellt und den Verlauf des Wachsthums in einzelnen Theilen derselben näher untersucht. Man verfuhr dabei in der Weise, dass man einen wachsenden Pflanzentheil durch Auftragen von Theilstrichen in Strecken von gleicher Länge theilte und dann nach Verfluss einiger Zeit er-

mittelte, ob eine solche Strecke einen Längenzuwachs erfahren hatte und wie gross der Betrag desselben war.

Auf diese Art hat z. B. Sachs gefunden [1]), dass die Länge der wachsenden Zone bei den Wurzeln der Saubohne, *Vicia Faba*, 9—10 mm. beträgt, und dass, wenn diese Zone in Strecken von 1 mm. Länge getheilt war, die Zuwachse, welche die einzelnen auf einander folgenden Strecken in einem Zeitraume von 6 St. zeigten, eine sehr verschiedene Grösse besassen. Sie nahmen von dem Vegetationspunkte an bis zur fünften oder sechsten Strecke, die also ursprünglich 5—6 mm. von ersterem entfernt war, zu und dann wieder ab, bis sie für die zehnte Strecke gleich null wurden. Ausserdem hat Sachs das Wachsthum einer ursprünglich 1 mm. langen nahe am Vegetationspunkt liegenden Querzone in gleichgrossen auf einander folgenden Zeiträumen verfolgt. [2]) Er fand, dass die Grösse des Zuwachses einer solchen Zone für gleiche Zeiträume anfangs zunimmt, ein Maximum erreicht und dann wieder abnimmt. Er bezeichnet diese Erscheinung als „grosse Periode des Wachsthums einer solchen Querzone“ [3]) und bemerkt, dass die verschiedene Grösse des Zuwachses, welchen einzelne aufeinander folgende gleichlange Querzonen eines wachsenden Theiles in demselben Zeitraume erfahren, darauf beruht, dass diese Querzonen ein verschiedenes Alter besitzen und folglich auch in verschiedenen Phasen ihrer grossen Periode sich befinden [4]).

---

[1]) Arbeiten des bot. Inst. in Würzburg. Bd. I. S. 424.

[2]) Arbeiten des bot. Inst. in Würzburg. Bd. I. S. 426.

[3]) Sachs, Lehrbuch d. Botanik. 4. Aufl. S. 788 ff.

[4]) Sachs bezeichnet mit dem Ausdruck „grosse Periode des Wachsthums“ auch eine andere Erscheinung, die an vielen Pflanzenorganen beobachtet wird, nämlich die, dass der gesammte Längenzuwachs eines Organs für gleiche Zeiträume unter gleichen äusseren Bedingungen anfangs eine Zunahme zeigt, ein Maximum erreicht und dann eine Abnahme erkennen lässt. Aber obwohl diese Erscheinung unzweifelhaft eine gewisse Analogie mit der grossen Periode einer Querzone besitzt, so muss doch hervorgehoben werden, dass beiden eine wesentlich verschiedene Ursache zu Grunde liegt. Die grosse Periode einer Querzone beruht darauf, dass die Wachsthumsfähigkeit dieser Zone, d. h. ihre Fähigkeit neue Substanz zwischen die bereits vorhandenen Theile einzuschalten, mit fortschreitendem Alter anfangs zu-, dann abnimmt und schliesslich ganz erlischt. (Man denke sich dabei die

Wenn dies der Fall ist, so folgt nothwendig, dass man das eine, die verschiedene Wachsthumsgeschwindigkeit benachbarter Querzonen, aus dem andern, der grossen Periode des Wachsthums einer einzelnen Querzone, ableiten kann. Diese Aufgabe bildete den Ausgangspunkt für meine Untersuchungen. Die Methode, die ich zur Lösung derselben angewandt habe, ist nicht absolut neu, da Nägeli bereits vor längerer Zeit in einem speciellen Falle ein ganz ähnliches Verfahren benutzt hat.

Zu dem Zwecke, den ich im Auge hatte, schien es mir zunächst nothwendig, den Verlauf der grossen Periode des Wachsthums bei einer Querzone möglichst genau und vollständig kennen zu lernen. Ich habe dies zunächst bei Wurzeln zu erreichen gesucht, fand jedoch bald, dass man hierbei die gewöhnliche Methode, wo man durch Auftragen von Marken eine gewisse Strecke nahe am Vegetationspunkte abgrenzt und den Zuwachs derselben in gleichen aufeinander folgenden Zeiträumen misst, nicht verwenden kann, weil es nicht möglich ist, auf diese Weise eine Strecke von derjenigen Kleinheit abzugrenzen und zu messen, wie dies zu dem angestrebten Zwecke nothwendig ist. So wurde ich veranlasst, zu meiner Untersuchung solche Organe zu verwenden, bei denen wir in der Nähe des Vegetationspunktes von der Natur selbst gegebene begrenzte Strecken vorfinden.

Bekanntlich zerfallen sehr viele Pflanzentheile in der Längsrichtung in deutlich gesonderte Glieder, die im erwachsenen Zustande un-

ursprüngliche Länge der Querzone so gering, dass das Wachsthum aller Theile innerhalb derselben während der ganzen Dauer der grossen Periode als gleichförmig angesehen werden darf). Die grosse Periode ganzer Stengel und Wurzeln beruht dagegen darauf, dass die nach einander am Vegetationspunkt neu angelegten Querzonen oder Stengelglieder im erwachsenen Zustande eine verschiedene Länge erreichen, also eine verschiedene Wachsthumsenergie (nach Sachs) besitzen. Beide Erscheinungen weichen auch in ihrem äusseren Verlauf von einander ab. Die grosse Periode der Querzone einer Wurzel hat unter gleichen äusseren Bedingungen einen ziemlich regelmässigen und constanten Verlauf, dagegen fand ich an Wurzeln von *Zea-Mais*, dass der Verlauf der grossen Periode des Wachsthums der ganzen Wurzel grosse Unregelmässigkeiten und bei verschiedenen Individuen nur geringe Uebereinstimmung zeigte.

gefähr die gleiche Länge besitzen. Bei den niedern Pflanzen, insbesondere denjenigen Algen, die aus einer einfachen Zellreihe bestehen, stellt jede Zelle ein solches Glied dar. Auch bei vielen Algen, deren Thallus aus einem Zellkörper besteht, wird die fortwachsende Spitze von einer einfachen Zellreihe gebildet und die aus jeder primären Zelle entwickelten Zellcomplexe bilden im erwachsenen Zustande deutlich von einander gesonderte Glieder von nahezu gleicher Länge. Bei den beblätterten Pflanzen endlich gliedert sich der Stamm in Stengelglieder (Internodien und Blattknoten). In allen genannten Fällen sind die Glieder vollständig ausgewachsener Theile von ungefähr gleicher Länge; nach dem Vegetationspunkt hin nimmt ihre Länge ab; am kürzesten ist jedes Glied unmittelbar nach seiner Anlage. Man erkennt daher sogleich, wie man bei einem gegliederten Pflanzentheil die Längenausdehnung der Zone bestimmen kann, innerhalb deren Wachsthum stattfindet. Diese erstreckt sich nämlich so weit, als die aufeinander folgenden Glieder noch eine Zunahme in ihrer Grösse erkennen lassen. Man sieht auch leicht ein, dass die Längendifferenz der aufeinander folgenden noch wachsenden Glieder, je nach der Grösse des Zuwachses, den diese in demselben Zeitraum erfahren, verschieden sein muss. Die Art und Weise aber, wie man aus dieser Differenz die Vertheilung der Grösse des Zuwachses in der wachsenden Zone ableiten kann, wird sich am Besten an einem concreten Beispiele nachweisen lassen. Ich wähle dazu die *Nitella flexilis Ag.* [1]).

Der Stamm von *Nitella* besteht aus langgestreckten Internodialzellen, die durch flache Blattknoten getrennt sind. Beide werden gebildet, indem eine stetig fortwachsende Scheitelzelle sich durch Querwände theilt und so nach unten Segmentzellen abscheidet. Jede Segmentzelle zerfällt durch eine Querwand in zwei gleichgrosse Zellen. Die obere wird zum Blattknoten, indem sie durch Längswände in mehrere Zellen zerfällt, aber nicht weiter in die Länge wächst, so dass der Blattknoten im erwachsenen Zustande in der Mittellinie dieselbe Länge von 0,02 mm. besitzt, wie bei seiner ersten Anlage.

---

[1]) Unsere Bemerkungen über *Nitella* beziehen sich *mutatis mutandis* auf alle gegliederten Pflanzen.

Mitunter nimmt seine Länge in der Mittellinie sogar etwas ab, was wohl auf Zerrung, in Folge des sehr starken Querwachsthums, beruht. Die untere der beiden Zellen der Segmentzelle wird zur Internodialzelle. Sie hat ursprünglich dieselbe Länge wie die Blattknotenzelle, streckt sich aber weiterhin, ohne sich zu theilen, so dass sie im erwachsenen Zustande 30—40 mm. lang wird, also bis auf das 2000fache ihrer ursprünglichen Länge anwächst. Die aneinander gereihten Internodialzellen, aus denen der Stamm einer Nitellapflanze besteht, haben, wenn sie ausgewachsen sind, ungefähr dieselbe Länge; sie weichen darin freilich unter sich oft um mehrere Millimeter ab, doch ist diese Verschiedenheit für unsere weiteren Betrachtungen ohne Bedeutung. Auch unmittelbar nach der Anlage haben diese Zellen immer die gleiche Länge von ca. 0,02 mm. Wir setzen nun noch voraus, dass die Zeit, die von der ersten Bildung einer Internodialzelle bis zur Abscheidung der nächstoberen neuen Internodialzelle verfliesst, immer gleich bleibt. Da der Stamm von *Nitella* continuirlich weiter wächst und also eine lange Periode gleichmässigen Wachsthums besitzt, so erscheint diese Voraussetzung bei gleichen äusseren Bedingungen, also namentlich bei gleicher Temperatur, ohne weiteres als berechtigt. Das gleiche gilt von einer weiteren Voraussetzung, die wir machen wollen, nämlich, dass jede Internodialzelle, die (in aufeinander folgenden Zeiten) in derselben Entfernung vom Scheitel gelegen ist, in demselben Zeitraum den gleichen Zuwachs erfährt, m. a. W., dass die Vertheilung der Wachsthumsintensität (die Definition dieses Wortes geben wir später) in dem wachsenden Theile des Stammes von *Nitella* während eines längeren Zeitraums dieselbe bleibt. Man kann dies auch in folgender Weise ausdrücken. Wir nehmen an, dass die grosse Periode des Wachsthums einer jeden neu gebildeten Internodialzelle von ihrer Anlage ab bis zum Erlöschen des Wachsthums identisch verläuft.

Ich nehme nun an, wir messen die Länge der Internodien einer Nitella unmittelbar nachdem die oberste jüngste Internodialzelle durch Theilung einer primären Segmentzelle angelegt worden ist. Die beifolgende Figur soll unter II das Resultat der Messungen veranschaulichen. Wir finden die Länge der obersten Internodialzelle (1″) =

a mm., die der zweiten (2'') = b mm., die der dritten (3'') = c mm u. s. f. Lassen wir nun einige Zeit verstreichen und denken wir uns in die Zeit versetzt, wenn eben eine neue Internodialzelle über der vormals ersten gebildet worden ist. Dieser Zustand ist unter III dargestellt. Die jetzt eben gebildete oberste Internodialzelle 1''' hat nach dem früher Gesagten dieselbe Länge a wie die oberste Internodialzelle 1'' in II. Diese ist jetzt zur zweiten Zelle geworden und hat nun dieselbe Länge b wie die Zelle 2'' in II. Denn wenn wir uns in den Zeitpunkt I versetzen, der ebensoweit hinter II zurückliegt als II hinter III, so hat auch jetzt die oberste Internodialzelle 1' dieselbe Länge a wie 1'' und 1'''. Diese Zelle 1' wird aber in II zur Zelle 2''. Sie wächst demnach in dem Zeitintervall zwischen I und II von ihrer ursprünglichen Länge a bis zur Länge b heran. Folglich muss nach den früher gemachten Voraussetzungen die Zelle 1'' in II, die genau dieselbe Entfernung vom Scheitel der Pflanze hat, wie die Zelle 1'' in I, in dem Zeitintervall zwischen II und III, das ebensoviel beträgt wie das zwischen I und II, auf dieselbe Länge b heranwachsen. Auf dieselbe Art kann man nachweisen, dass die dritte Zelle (3''') in III dieselbe Länge haben muss wie die dritte Zelle (3'' in II) u. s. f. Ebenso weist man nach, dass auch in einem entsprechenden Zeitpunkt IV die von oben nach unten aufeinander folgenden Zellen dieselben Längen a, b, c, d u. s. f. haben müssen. Wir haben also, wenn wir jedesmal die von oben nach unten folgenden Zellen mit 1, 2, 3 u. s. f. bezeichnen:

I.	II.	III.
		1''' a
	1'' a	2''' b
1' a	2'' b	3''' c
2' b	3' c	4''' d
3' c	4'' d	5''' e

$$1' = 1'' = 1''' = 1'''' = a \text{ mm.}$$
$$2' = 2'' = 2''' = 2'''' = b \text{ „}$$
$$3' = 3'' = 3''' = 3'''' = c \text{ „ u. s. w.}$$

Wir finden somit, dass nachdem eine neue oberste Internodialzelle eben gebildet ist, die von oben nach unten aufeinander folgenden Zellen gleicher Ordnung dieselbe Länge haben, wie unmittelbar nachdem ihre Vorgängerin angelegt wurde. Die erste Internodialzelle von der ursprünglichen Länge a hat nach Ablauf des zu Grunde gelegten Zeitraums zwischen I und II die Länge b, nach einer doppelt so langen Zeit die Länge c, nach der dreifachen Zeit die Länge d u. s. f. Nehmen wir diesen Zeitraum, der zwischen der Abscheidung zweier neuer Internodialzellen (Glieder) verstreicht, als Zeiteinheit an — ich werde dafür und zwar bei allen gegliederten Pflanzentheilen den Ausdruck Plastochron gebrauchen —, so gibt uns die Länge der aufeinander folgenden Internodialzellen unmittelbar die grosse Periode des Wachsthums einer solchen Zelle. Die absolute Dauer eines Plastochrons ist uns zwar zunächst unbekannt, die Kenntniss desselben ist aber an sich für die Bestimmung des Verlaufes der grossen Periode ohne Bedeutung.

Wir haben bisher der Einfachheit halber angenommen, dass die Messungen gerade in dem Zeitpunkt vorgenommen wurden, wo die Bildung der obersten Internodialzelle eben stattgefunden hatte. In Wirklichkeit wird man, wenn man irgend eine Nitellapflanze untersucht, nur selten und zufällig gerade auf diesen Zeitpunkt treffen. Vielmehr wird in den meisten Fällen seitdem bereits mehr oder weniger Zeit verstrichen sein und die Länge der obersten Zelle etwas zugenommen haben. Die früher gefundenen Beziehungen bleiben aber dabei doch in Geltung; denn der Zeitraum, der zwischen dem Moment liegt, wo die oberste Internodialzelle eine gewisse Länge erreicht hat, und demjenigen, wo die nächste neugebildete oberste Zelle zu derselben Länge herangewachsen ist, ist, wie man leicht einsieht, gleich der Zeit, die zwischen der Neubildung zweier Internodialzellen verstreicht, also gleich einem Plastochron. Entsprechend der grösseren Länge der obersten Internodialzelle sind in dem zuletzt betrachteten Fall auch die andern nach unten hin auf diese folgenden Internodialzellen länger, als die Zellen derselben Ordnung in dem zuerst betrachteten Falle. Ihre Längen geben uns die grosse Periode des

Wachsthums für eine etwas längere Strecke, als die der eben angelegten Internodialzelle.

Wir haben uns früher die Aufgabe gestellt, aus der grossen Periode des Wachsthums einer in der Nähe des Vegetationspunktes liegenden Querzone die Grösse des Zuwachses zu bestimmen, den aufeinander folgende Strecken von gleicher Länge, in die man die wachsthumsfähige Region getheilt hat, während eines und desselben Zeitraums erfahren. Diese Aufgabe können wir jetzt für Nitella in sehr einfacher Weise lösen. Wir fanden, dass jede Internodialzelle während eines Plastochrons zur Länge der nächsten unteren Zelle heranwächst; die Differenz der Längen beider Zellen giebt uns also den Längenzuwachs für die obere Zelle während des genannten Zeitraums. Die Internodialzellen sind aber von ungleicher Länge. Wir haben hier also ganz denselben Fall, wie wenn wir auf der wachsthumsfähigen Region einer Wurzel nicht gleich lange Strecken, sondern solche von ungleicher Länge aufgetragen hätten. Da das Wachsthum in den kleinsten Theilen des wachsenden Organs vor sich geht, so ist es, von anderem abgesehen, zunächst eine Function der Länge des wachsenden Theiles [1]). Wir müssen demnach, um die von ursprünglich un-

[1]) Sachs bemerkt in dem Aufsatz über das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln (Arb. d. bot. Inst. in Würzburg, Bd. I, S. 427), dass der Zuwachs, den eine ursprünglich 1 mm. lange Querzone während ihrer grossen Periode in je 24 Stunden erfährt, nicht eine Function der Länge, sondern des Alters, d. h. des verschiedenen Entwickelungszustandes der Querzone ist. Diese Bemerkung ist mir nicht ganz verständlich. Der Zuwachs, den irgend eine im Wachsthum begriffene Querzone einer Wurzel oder eines andern continuirlich wachsenden Organs unter gleich bleibenden äusseren Bedingungen während eines bestimmten Zeitraums erfährt, hängt ab: 1) von ihrer Länge, 2) von ihrer Entfernung vom Vegetationspunkt. (Wir sehen dabei von Aenderungen im Gesammtwachsthum des ganzen Organs ab). Für Querzonen, deren Entfernung vom Vegetationspunkt nicht sehr verschieden ist, die sich also nahe in derselben Phase ihrer grossen Periode befinden, z. B. für zwei benachbarte Querzonen einer Wurzel, deren absolute Länge gering ist, ist der Zuwachs für einen kurzen Zeitraum einfach der Länge der Querzone proportional. Fasst man die Zuwächse ins Auge, die eine bestimmte, unterhalb des Vegetationspunktes abgegrenzte Strecke während ihrer grossen Periode in gleichen aufeinander folgenden Zeiträumen erfährt, so entspricht hier dem Alter der Querzone (d. h. der Zeit, die seit ihrer Anlage verstrichen

gleichen Strecken erfahrenen Zuwachsgrössen mit einander vergleichen zu können, diese auf ursprünglich gleiche Längen zurückführen. Dies geschieht im vorliegenden Falle, indem wir mit der Länge einer Zelle in die Differenz ihrer Länge von derjenigen der nächst unteren dividiren. Die so erhaltenen Zahlen geben also an, um welchen Theil ihrer ursprünglichen Länge eine Internodialzelle während eines Plastochrons zunimmt, oder m. a. W., sie geben uns den Längenzuwachs einer Längeneinheit innerhalb der Internodialzelle für diese Zeit. Ich bezeichne diesen Zahlenwerth mit dem Ausdruck „mittlere Wachsthumsintensität[1])“. Wenn ich also bei einem Exemplar von *Nitella*, für die in der Entfernung von 0.89 — 4.32 mm. von der Spitze des Scheitels gelegene, also 3.33 mm. lange Internodialzelle, für die Wachsthumsintensität den Werth 3.2 finde, so heisst dies, dass unter Annahme gleichförmigen Wachsthums ein darin liegendes mm. während eines Plastochrons einen Zuwachs von 3.2 mm. erfährt, also nach Ablauf desselben eine Länge von 4.2 mm. erreicht. Wir haben hierbei ein gleichförmiges Wachsthum der ganzen Internodialzelle angenommen. Im Allgemeinen aber werden Strecken von derselben Länge, die an verschiedenen Stellen der Internodialzelle liegen, während eines Plastochrons verschieden grosse Zuwachse erfahren, und der auf die oben angegebene Weise berechnete Werth der Wachsthumsintensität stellt nur die durchschnittliche Grösse des Zuwachses in mm. dar, den ein 1 mm. langes Stück der Internodialzelle während eines Plastochrons erfährt.

---

ist) eine bestimmte Länge und dieser auch eine bestimmte Entfernung vom Vegetationspunkt. Der Zuwachs für einen solchen Zeitraum kann daher in diesem Falle als eine Function der Länge o d e r des Alters ausgedrückt werden. Nur ist der Ausdruck für diese Function hierbei von mehr complicirter Natur. Man kann ihn annähernd durch nachfolgende Formel wiedergeben, wenn man mit z den absoluten Zuwachs für irgend einen Zeitraum, mit l die Länge, zu der die Querzone im Anfang dieses Zeitraumes erwachsen ist, bezeichnet: $z = A_0 + A_1 l + A_2 l^2 + A_3 l^3 + \dots$ Die Coefficienten der geraden Potenzen von e, die höher sind als 1, können dabei negativ sein; hierin würde die Erscheinung, dass bei steigender Länge die Zuwächse doch abnehmen, ihren Ausdruck finden.

[1]) Man müsste noch hinzufügen „für ein Plastochron“, doch habe ich diesen Zusatz der Kürze wegen in der Folge meist weggelassen.

Wenn man die Grösse des Zuwachses derselben am Anfang des Plastochrons 1 mm. langen Strecke während eines kürzeren Zeitraums, dem Bruchtheile eines Plastochrons, bestimmen will, so könnte man meinen, es genüge zu diesem Zweck, den Zuwachs für ein Plastochron mit jenem Bruchtheile zu multipliciren. In dem oben angeführten Fall würden wir dann, wenn wir die Dauer eines Plastochrons zu 48 Stunden annehmen, den stündlichen Zuwachs für die genannte Strecke $= 3.2 \; ^1/_{48} = 0{,}067$ mm. erhalten. Man sieht aber leicht ein, dass dies nicht der wahre Werth desselben sein kann. Denn nach dem früher Gesagten ist der Zuwachs für einen gleichen Zeitraum proportional der Länge der Strecke, die im Wachsthum begriffen ist. Diese Länge beträgt aber in dem obigen Beispiel am Anfange des Plastochrons 1 mm.; der oben gefundene Werth von 0,067 mm. für den stündlichen Zuwachs ist also $= 0{,}067$ dieser Länge; am Ende des Plastochrons ist die Länge der Strecke $= 1 + 3.2$ mm. $= 4.2$ mm. und der stündliche Zuwachs würde dann nur $\frac{0.067}{4.2} = 0.016$ derselben ausmachen. Wir wollen nun das Plastochron in eine Anzahl gleicher kleiner Zeiträume theilen und nehmen an, wir wollen die Grösse des Zuwachses für jeden solchen Zeitraum so bestimmen, dass dieser immer den gleichen proportionalen Theil der ganzen am Anfang jedes Zeitraums vorhandenen Länge der wachsenden Strecke ausmacht. Wir wollen das Verhältniss zwischen dem Zuwachse (als Theil der jedesmal vorhandenen Länge gemessen) und der Dauer des Zeitraums (die wir uns als Bruchtheil des Plastochrons bestimmt denken) mit dem Worte Wachsthumsgeschwindigkeit bezeichnen. Wir erhalten dann die Grösse des Zuwachses (im obigen Sinn), wenn wir die Wachsthumsgeschwindigkeit mit der Dauer des Zeitraums multipliciren. In dem oben als Beispiel gewählten Fall will ich die Wachsthumsgeschwindigkeit für 1 Stunde mit dem Buchstaben a bezeichnen. Dann beträgt der stündliche Zuwachs $a \cdot \frac{1}{48}$, also $\frac{a}{48}$ der ganzen jeweils am Anfang einer Stunde vorhandenen Länge der wachsenden Strecke. Es würde also eine Strecke, die am Anfang des Plastochrons eine Länge

von 1 mm. besitzt, nach einer Stunde die Länge von $1 + \frac{a}{48}$ mm. erlangen, nach zwei Stunden hätte sie die Länge $\left(1 + \frac{a}{48}\right) \cdot \left(1 + \frac{a}{48}\right)$ $= \left(1 + \frac{a}{48}\right)^2$ mm., nach 48 Stunden d. h. nach einem Plastochron die Länge von $\left(1 + \frac{a}{48}\right)^{48}$. Diese Länge ist aber $= 4.2$ mm. Wir haben also $\left(1 + \frac{a}{48}\right)^{48} = 4.2$ mm. Hieraus ergiebt sich $a =$ $\left(\text{Num.} \left(\frac{\log. 4.2}{48}\right) - 1\right) . 48 = \text{Num.} \left(\frac{0.62325}{48} - 1\right) . 48 =$ $0.03035 . 48 = 1.456$.

Allgemein haben wir, wenn wir den Zuwachs für irgend einen Zeitraum, den m. Theil eines Plastochrons, so bestimmen wollen, dass derselbe immer den gleichen proportionalen Theil der Länge der ganzen am Anfange jenes Zeitraums vorhandenen wachsenden Strecke ausmacht, und mit a die Wachsthumsgeschwindigkeit bezeichnen, die Beziehung $\left(1 + m\right)^m = 4.2$, woraus $a = \left(Num. \frac{\log. 4.2}{m} - 1\right)^m$. Wenn wir den Zeitraum sehr klein nehmen, so wird m sehr gross. Bekanntlich nähert sich aber der Ausdruck $\left(1 + \frac{a}{m}\right)^m$ bei wachsendem m immer mehr einem bestimmten Werthe, nämlich der Grösse e^a, wo e die bekannte Zahl 2.71828 . . . die Grundzahl des natürlichen Logarithmensystems ist. In dem oben behandelten Fall haben wir also, wenn wir einen unendlich kleinen Zeitraum zu Grunde legen, $e^a = 4.2$ und erhalten hieraus $a = \log. \text{nat.} 4.2 = 1.435$. Diese Grösse gibt uns also die Wachsthumsgeschwindigkeit, welche die betrachtete wachsende Strecke in jedem Moment besitzt; wir wollen sie kurzweg als „Wachsthumsgeschwindigkeit" bezeichnen. Sie ist, wie man sieht, von dem Werth, den wir oben für a unter Annahme eines gleichen proportionalen Zuwachses, am Anfang jeder Stunde erhalten haben, nur wenig verschieden. Wir sind in dem von uns gewählten Beispiel von einer ursprünglichen 1 mm. langen Strecke ausgegangen.

Für eine Strecke, die ursprünglich K mm. lang ist und während eines Plastochrons zu S mm. heranwächst, haben wir $S = Ke^a$, folglich $e^a = \frac{S}{K}$ und a = log. nat. S — log. nat. K. Selbstverständlich gilt diese Formel auch für irgend einen andern Zeitraum als ein Plastochron, für den man den Zuwachs also z. B. durch direkte Messung der Länge des wachsenden Theils am Anfang und am Ende bestimmt hat. Auf die eben dargelegte Weise erhalten wir einen bestimmten Werth für die Wachsthumsgeschwindigkeit einer Internodialzelle, während eines Plastochrons. In Wirklichkeit ändert sich aber dieser Werth für dieselbe Internodialzelle fortwährend. Denn er hängt von ihrer Entfernung vom Vegetationspunkt (oder ihrem Alter) ab, die sich während des Wachsthums fortwährend ändert. Man kann zwar aus der verschiedenen Wachsthumsgeschwindigkeit benachbarter Internodialzellen das Gesetz dieser Aenderung ermitteln. Wir unterlassen es aber näher hierauf einzugehen. Der Begriff der Wachsthumsgeschwindigkeit hat überhaupt mehr eine theoretische als praktische Bedeutung. Man sieht leicht ein, dass man, um zu ermitteln, an welcher Stelle innerhalb der in Wachsthum begriffenen Region einer Pflanze die grösste Wachsthumsgeschwindigkeit liegt, und ob irgend eine Strecke dieser Region eine grössere Wachsthumsgeschwindigkeit besitzt als eine andere, ebensogut den absoluten Zuwachs, den man in irgend einem Zeitraum beobachtet, zu Grunde legen kann, wie die aus demselben berechnete Wachsthumsgeschwindigkeit. Aber ich bin der Ansicht, dass der Begriff der Wachsthumsgeschwindigkeit wesentlich zu einer klareren und genaueren Erkenntniss des Wachsthums beiträgt und dass in dieser Hinsicht die Einführung desselben in die Pflanzenphysiologie einen entschiedenen Nutzen gewährt.

Aus der Länge der Internodialzellen eines Stammes von *Nitella* können wir auch leicht den gesammten Längenzuwachs bestimmen, den eine ganze Nitellapflanze während eines Plastochrons erfährt. Da nämlich während dieses Zeitraums eine neue Internodialzelle (und eine Blattknotenzelle, die wir weiter nicht berücksichtigen wollen) neu gebildet wird, ausserdem jede Internodialzelle zur Länge der benachbarten.

unteren Zelle heranwächst, so brauchen wir nur die Länge der obersten Internodialzelle und die sämmtlichen von uns ermittelten Längendifferenzen zu addiren, um den gesammten Längenzuwachs einer *Nitella* während eines Plastochrons zu erhalten. Diese Grösse ist aber, wie man ohne Weiteres einsieht, gleich der Länge einer Internodialzelle im erwachsenen Zustande. Der Gesammtzuwachs während eines Plastochrons hängt also nur von dieser ab. Er ist ganz unabhängig von der absoluten Dauer des Plastochrons.

Ich wende mich nun zu den speciellen Ergebnissen meiner Messungen an *Nitella flexilis*. Ich führte dieselben im November 1873 an Pflanzen aus, unmittelbar nachdem diese aus einem bei Heidelberg fliessenden Bache entnommen waren. Die unteren Internodien, bis zur Länge von 5 mm., wurden an einem in Millim. getheilten Metallmaassstab gemessen. An dem letzten gemessenen Internodium wurde der Stamm durchschnitten, der abgeschnittene obere Theil desselben in Alkohol, dann in Essigsäure gelegt und hierauf die Messung der oberen Internodien mit Hülfe des Microscops durchgeführt. Die Aenderung, welche die Länge der Internodien durch Anwendung der genannten Reagentien erleidet, ist nicht so gross, um für die Zwecke dieser Untersuchung in Rechnung gezogen werden zu müssen. Die Zellen werden aber dabei so durchsichtig, dass man ohne weitere Behandlung, allenfalls nach Entfernung einiger Blattstrahlen, die Länge auch der jüngsten Internodien und der Scheitelzelle unter dem Microscop messen kann. Ich benutzte bei meinen Messungen bis auf 0,3 mm. Länge herab Hartnack's Obj. 4, Ocul. 4, von da ab dasselbe Ocul. und Obj. 7. Im ersten Fall gingen 60, im zweiten 180 Theilstriche des angewandten Ocularmicrometers auf 1 mm. Bei den Messungen wurde die Länge der Zellen immer in der Mittellinie gemessen. Stärkere Vergrösserungen hätten keinen Nutzen gewährt, denn die grössere Schärfe der Messung, die mit Hülfe derselben sich hätte erzielen lassen, wäre ohne Bedeutung gegenüber dem Fehler, der daraus entsteht, dass die Querwände der Zellen, auf die bei der Messung eingestellt wird, zur Verticalen verschieden geneigt sind. Die Grösse dieses Fehlers lässt sich schwer genauer bestimmen. Er ist nur bei

den jüngsten obersten Zellen von Bedeutung, kann hier aber einen erheblichen Bruchtheil der gemessenen Länge erreichen.

(Siehe Tabelle Seite 84 und 85.)

Ich will an die Tabelle I, welche die Resultate meiner Messungen an 17 Exemplaren von *Nitella flexilis* enthält, einige Bemerkungen anfügen. Wie man aus der Tabelle ersieht, zeigt die Vertheilung der Wachsthumsintensität bei sämmtlichen untersuchten Exemplaren eine gleichmässige Anordnung. Die Wachsthumsintensität steigt von den jüngsten Internodialzellen an, erreicht ein Maximum und nimmt weiterhin ab. Nur die jüngsten Internodialzellen einiger Exemplare verhalten sich abweichend, indem deren Wachsthumsintensität grösser ist, als die der nächsten unteren Zellen. Ich bin der Ansicht, dass dies lediglich auf jene Fehler in der Bestimmung der Länge der Zellen zurückzuführen ist, die ich schon früher erwähnt habe. Man braucht in der That nur einen Fehler von einem Theilstrich des Ocularmicrometers anzunehmen, um diese Unregelmässigkeiten zu beseitigen.

Wir sind bei unseren früheren Erörterungen von einigen Voraussetzungen ausgegangen. Zwei derselben, über die gleiche Länge der Internodialzellen unmittelbar nach ihrer Anlage und im erwachsenen Zustande, können durch directe Beobachtung verificirt werden. Wir haben aber noch ferner angenommen, dass der Zeitraum, in welchem eine neue oberste Internodialzelle gebildet wird, das Plastochron, unter gleichen äusseren Bedingungen immer gleich bleibt, und dass dabei die Wachsthumsintensität (also auch die Wachsthumsgeschwindigkeit) eines Punktes, der eine bestimmte Entfernung vom Scheitelpunkt der *Nitella* besitzt, immer denselben Werth behält. Auf diese Voraussetzungen gestützt liessen wir während eines Plastochrons jede Internodialzelle zur Länge der nächst unteren heranwachsen. Es fragt sich nun, wie wir vorzugehen haben, um zu prüfen, ob die beiden letzten Voraussetzungen wirklich begründet sind. Man kann die Prüfung ihrer Richtigkeit in nachfolgender Weise vornehmen. Man misst an einer lebenden Nitellapflanze die Länge der Internodialzellen, indem man mit der untersten Zelle, in der noch Längenwachsthum stattfindet, anfängt. Angenommen man hätte folgende Längen für die von unten

6*

Ta-

Nitella flexilis vom

Intn.	I. Läng. mm.	I. Diff. mm.	I. W.-I.	I. W.-G.	I. E. mm.	II. Läng. mm.	II. Diff. mm.	II. W.-I.	II. W.-G.	II. E. mm.	III. Läng. mm.	III. Diff. mm.	III. W.-I.	III. W.-G.	III. E. mm.
S.	0.02				0.02	0.04					0.03				0.03
P.Z.											0.03				0.06
1	0.02	0.05	2.5		0.06	0.03	0.05	1.6	1.0	0.09	0.07	0.09	1.3	0.8	0.15
2	0.07	0.09	1.3	0.8	0.15	0.08	0.14	1.8	1.0	0.19	0.16	0.69	4.2	1.7	0.33
3	0.16	0.29	1.8	1.0	0.33	0.22	0.43	2.0	1.1	0.43	0.85	7.15	8.4	2.2	1.20
4	0.45	2.88	6.4	2.0	0.80	0.65	5.35	8.2	2.2	1.10	8.0	20.0	2.5	1.3	9.22
5	3.33	10.67	3.2	1.4	4.15	6.0	13.0	2.2	1.2	7.12	28.0	3.5	0.12	0.1	37.20
6	14.0	19.5	1.4	0.9	18.2	19.0	14.5	0.76	0.62	26.1	31.5	4.5	0.14		68.8
7	33.5	1.5	0.04	0.04	51.7	33.5	7.0	0.21	0.20	59.7	36.0				
8	35.0					40.5									

Intn.	VI. Läng. mm.	VI. Diff. mm.	VI. W.-I.	VI. E. mm.	VII. Läng. mm.	VII. Diff. mm.	VII. W.-I.	VII. E. mm.	VIII. Läng. mm.	VIII. Diff. mm.	VIII. W.-I.	VIII. E. mm.
S.	0.02			0.02	0.02			0.02	0.03			0.03
P.Z.												
1	0.02	0.07	3.5	0.06	0.03	0.04	1.3	0.07	0.02	0.06	3.0	0.07
2	0.09	0.09	1.0	0.17	0.07	0.11	1.6	0.16	0.08	0.06	0.7	0.17
3	0.18	0.28	1.5	0.37	0.18	0.21	1.2	0.36	0.14	0.19	1.4	0.33
4	0.46	1.90	4.1	0.85	0.39	2.51	6.4	0.77	0.33	1.0	3.0	0.68
5	2.36	9.64	4.1	3.23	2.9	11.1	4.2	3.69	1.33	7.2	5.4	2.03
6	12.0	18.5	1.5	15.25	14.0	25.0	1.8	17.7	8.5	18.0	2.1	10.55
7	30.5	14.5	0.4	45.8	39.0	6.0	0.15	56.7	26.5	8.5	0.3	37.1
8	45.0				45.0				35.0			

Intn.	XII. Läng. mm.	XII. Diff. mm.	XII. W.-I.	XII. E. mm.	XIII. Läng. mm.	XIII. Diff. mm.	XIII. W.-I.	XIII. E. mm.	XIV. Läng. mm.	XIV. Diff. mm.	XIV. W.-I.	XIV. E. mm.
S.	0.02			0.02	0.02			0.02	0.02			0.02
P.Z.	0.03			0.05								
1	0.05	0.06	1.2	0.12	0.02	0.04	2.0	0.06	0.02	0.04	2.0	0.06
2	0.11	0.15	1.4	0.25	0.06	0.06	1.0	0.14	0.06	0.09	1.5	0.14
3	0.26	1.14	4.4	0.53	0.12	0.19	1.6	0.28	0.15	0.22	1.5	0.31
4	1.4	7.1	5.1	1.95	0.31	1.91	6.0	0.61	0.37	1.59	4.3	0.70
5	8.5	22.0	2.6	10.5	2.22	9.28	4.2	2.85	1.96	7.54	3.8	2.68
6	30.5	3.5	0.1	41.0	11.5	17.0	1.5	14.4	9.5	18.5	1.9	12.2
7	34.0				28.5	5.0	0.2	42.9	28.0	11.0	0.4	40.2
8					33.5				39.0	9 0	0.2	

Bemerkungen zur Tabelle. In der ersten Columne links sind jedesmal die P.Z. die primäre Segmentzelle, die später in eine Blattknoten- und eine Internodialzelle zergibt die erste Columne [Länge], die Länge jeder Zelle in mm., die zweite [Diff.] die Differenz intensität. Bei den 4 ersten Exemplaren folgt dann eine Columne W.G. mit der auf die im E. gibt die Entfernung der Basis jeder Zelle vom obersten Punkte des Scheitels, also die zwischen je zwei Internodialzellen [deren Länge circa 0.02 mm. beträgt] berücksichtigt sind.

belle I.

20. November 1873.

IV.					V.			
Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	W.-G.	E. mm.	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.
0.03				0.03	0.04			0.04
0.02	0.05	2.5		0.08	0.04	0.06	1.5	0.10
0.07	0.10	1.4	0.9	0.17	0.10	0.15	1.5	0.22
0.17	0.25	1.5	0.9	0.36	0.25	1.57	6.2	0.49
0.42	1.99	4.7	1.7	0.80	1.82	8.18	4.5	2.33
2.41	10.09	4.2	1.6	3.23	10.0	21.5	2.15	12.35
12.5	16.0	1.38	0.8	15.7	31.5	7.5	0.2	43.9
28.5	12.5	0.44	0.4	44.3	39.0	13.0	0.3	82.9
41.0					52.0			

IX.				X.				XI.			
Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.
0.02			0.02	0.03			0.03	0.03			0.03
0.03			0.05								
0.05	0.06	1.2	0.12	0.02	0.04	2.0	0.07	0.03	0.08	2.7	0.09
0.11	0.14	1.3	0.25	0.06	0.12	2.0	0.15	0.11	0.10	0.9	0.22
0.25	0.97	3.9	0.52	0.18	0.19	1.1	0.35	0.21	0.39	1.9	0.45
1.22	5.8	4.7	1.76	0.37	1.48	4.0	0.74	0.60	3.18	5.3	1.07
7.0	18.5	2.6	8.78	1.85	8.15	4.4	2.61	3.78	12.22	3.2	4.87
25.5	2.5	0.1	34.3	10.0	14.5	1.4	12.63	16.0	22.0	1.4	20.9
28.0				24.5	12.0	0.5	37.1	38.0	9.5	0.2	58.9
				36.5	4.0	0.1		47.5			

XV.				XVI.				XVII.			
Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.
0.03			0.03	0.02			0.02	0.02			0.02
0.03			0.06								
0.06	0.08	1.3	0.14	0.02	0.04	2.0	0.06	0.02	0.04	2.0	0.06
0.14	0.23	1.6	0.30	0.06	0.13	2.2	0.14	0.06	0.10	1.7	0.14
0.37	1.81	4.9	0.69	0.19	0.27	1.4	0.35	0.16	0.28	1.7	0.32
2.18	11.32	5.2	2.84	0.46	2.94	6.4	0.83	0.44	2.39	5.4	0.78
13.5	19.0	1.4	16.4	3.4	13.6	4.0	4.25	2.83	10.67	3.8	3.63
32.5	11.5	0.3	48.9	17.0	24.0	1.4	21.3	13.5	13.5	1.0	17.1
44.0				41.0	7.5	0.2	62.3	37.0			54.2
				48.5				32.0			

Nummern der Internodialzellen von oben gezählt angegeben. S. bedeutet die Scheitelzelle. fällt. Sie war nur bei 4 Exemplaren [III, IX, XII u. XV] vorhanden. Bei jedem Exemplar dieser Länge von derjenigen der nächst unteren Zelle, die dritte [W.-I.] die Wachsthums-Text näher beschriebene Art berechneten Wachsthumsgeschwindigkeit. Die letzte Columne Länge jeder Zelle + der Länge sämmtlicher oberer Zellen, wobei auch die Blattknotenzellen

nach oben aufeinander folgenden Zellen gefunden: 1) 33 mm., 2) 14 mm., 3) 3.3 mm., 4) 0.5 mm. Man wartet nun, bis die zweite Zelle, die in diesem Falle 14 mm. lang war, zur Länge von 33 mm. herangewachsen ist. Waren die obigen Voraussetzungen richtig, so muss jetzt die Länge der Zellen von unten nach oben dieselbe Reihenfolge zeigen, wie bei der früheren Messung, nämlich 33, 14, 3.3, 0.5. Man kann bei einem derartigen Versuch die Länge der jüngeren oberen Internodien nicht bestimmen, da dieselben bei *Nitella* nicht ohne Zerstörung der Pflanze gemessen werden können, man darf aber mit einiger Sicherheit schliessen, dass wenn die unteren Internodien die ihnen nach der Voraussetzung zukommende Länge besitzen, dies auch bei den oberen der Fall sein wird. Man erkennt, dass man bei diesem leicht anzustellenden Versuch zugleich die absolute Zeitdauer eines Plastochrons erfährt und bestimmen kann, inwieweit diese unter gleichen äusseren Bedingungen dieselbe bleibt. Ich selbst habe übrigens bei *Nitella* diesen Versuch bisher noch nicht angestellt, hauptsächlich weil es nicht leicht ist diese Pflanze unter ganz normalen Verhältnissen zu cultiviren.

Nach dem eben Gesagten wird man bei einer Nitellapflanze, die immer dieselbe Vertheilung der Wachsthumsintensität in ihrer wachsthumsfähigen Region behält, jedesmal nach Ablauf eines Plastochrons Internodialzellen von derselben Länge und in derselben Ordnung aufeinander folgend wiederfinden. Bestimmt man aber die Länge der Zellen derselben Pflanze in irgend einem zwischenliegenden Zeitpunkte, so wird man dafür andere Werthe finden, und demnach müssen auch die aus diesen abgeleiteten Zahlenwerthe für die Wachsthumsintensität verschieden sein. Untersucht man nun verschiedene Pflanzen, so wird man natürlich im Allgemeinen ebenfalls verschiedene Längen für die Internodialzellen und verschiedene Werthe für die Wachsthumsintensität erhalten, selbst wenn die untersuchten Exemplare sämmtlich dieselbe Vertheilung der Wachsthumsintensität besitzen. Es ist nun wichtig, die Grenzen festzustellen, innerhalb deren sich diese Verschiedenheiten bewegen können, da man nur mit Berücksichtigung derselben entscheiden kann, ob und wie weit verschiedene Exemplare von *Nitella* in der Vertheilung der Wachsthumsintensität von einander abweichen.

Die oberste Internodialzelle ist am kürzesten, gleich nachdem sie angelegt wurde, am längsten, unmittelbar bevor die nächste oberste Internodialzelle abgeschieden wird. Wenn sie ihre grösste Länge erreicht hat, sind auch die (von oben gezählt) zweite, dritte, vierte und sämmtliche folgenden Internodialzellen, die noch in Wachsthum begriffen sind, am längsten; wenn sie am kürzesten ist, haben auch alle nach unten folgenden Zellen ihre geringste Länge. Da nun die erste Zelle zur zweiten, die zweite zur dritten wird, gleich nachdem sie das Maximum ihrer Länge erreicht hat, so folgt hieraus, dass das Maximum der Länge der ersten Zelle gleich ist dem Minimum der Länge der zweiten, das Maximum der zweiten gleich dem Minimum der dritten u. s. f. Dies muss sich nun auch bei Untersuchung zahlreicher Exemplare von *Nitella* zeigen, da man bei diesen alle möglichen Längen der Zellen zwischen dem Maximum und dem Minimum antreffen muss. Wir geben hier eine Tabelle, wo die Längen aller Zellen in der Reihenfolge von oben ab unmittelbar nebeneinander gestellt sind, so dass die Längen der Zellen gleicher Ordnung der sämmtlichen 17 Exemplare, die wir untersucht haben, unter einander zu stehen kommen. (Siehe Tabelle Seite 88.)

In den beiden untersten Zielen haben wir die Maxima und Minima, die wir für die Länge der Zellen fanden, aufgezeichnet. Wie man sieht stimmen dieselben bei den jüngeren Zellen ziemlich gut zu der oben aus theoretischen Gründen abgeleiteten Regel, dass das Längenmaximum der oberen Zellen dem Längenminimum der nächst unteren gleich sein muss. Wir dürfen allerdings keine vollständige Uebereinstimmung erwarten. Denn man darf wohl von vornherein annehmen, dass verschiedene Individuen derselben Pflanzenart, wie in andern Stücken, so auch in der Art ihres Wachsthums nicht völlig mit einander übereinstimmen, sondern grössere oder geringere Verschiedenheiten zeigen. Ausserdem haben wir Grund zu vermuthen, dass manche äussere Umstände auf die Vertheilung der Wachsthumsintensität von Einfluss sind; sie scheinen namentlich das Wachsthum der älteren Theile zu beeinflussen. Man sieht auch leicht ein, dass irgend eine zufällige Schädlichkeit oder Störung, die das Wachsthum

Tabelle II.

Nitella flexilis. Länge der Internodialzellen in mm.

	S.	ungeth. Segmz.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
I.	0.02	—	0.02	0.07	0.16	0.45	3.33	14.0	33.5	35.0
II.	0.04	—	0.03	0.08	0.22	0.65	6.00	19.0	33.5	40.5
[III.	0.03	0.03	0.07	0.16	0.85	8.00	28.00	31.5	36.0	—]
IV.	0.03	—	0.02	0.07	0.17	0.42	2.41	12.5	28.5	41.0
V.	0.04	—	0.04	0.10	0.25	1.82	10.00	31.5	39.0	52.0
VI.	0.02	—	0.02	0.09	0.18	0.46	2.36	12.0	30.5	45.0
VII.	0.02	—	0.03	0.07	0.18	0.39	2.90	14.0	39.0	45.0
VIII.	0.03	—	0.02	0.08	0.14	0.33	1.33	8.5	26.5	35.0
IX.	0.02	0.03	0.05	0.11	0.25	1.22	7.00	25.5	28.0	—
X.	0.03	—	0.02	0.06	0.18	0.37	1.85	10.0	24.5	36.5
XI.	0.03	—	0.03	0.11	0.21	0.60	3.78	16.0	38.0	47.5
XII.	0.02	0.03	0.05	0.11	0.26	1.40	8.50	30.5	34.0	—
XIII.	0.02	—	0.02	0.06	0.12	0.31	2.22	11.5	28.5	33.5
XIV.	0.02	—	0.02	0.06	0.15	0.37	1.96	9.5	28.0	39.0
XV.	0.03	0.03	0.06	0.14	0.37	2.18	13.50	32.5	44.0	—
XVI.	0.02	—	0.02	0.06	0.19	0.46	3.40	17.0	41.0	48.5
XVII.	0.02	—	0.02	0.06	0.16	0.44	2.83	13.5	37.0	32.0
mittel	0.026	0.03	0.03	0.08	0.20	0.74	4.59	17.3	33.3	41.6 } mit Ausschl. von III.
max.	0.04	—	0.06	0.14	0.37	2.18	13.50	32.5	44.0	—
min.	0.02	—	0.02	0.06	0.12	0.31	1.33	8.5	24.5	—

einer Zelle trifft, ohne dem der andern nachtheilig zu sein, bewirken muss, dass diese Zelle von der obenerwähnten Regel abweicht. So fällt z. B. das mit III bezeichnete Exemplar in Bezug auf die Länge der Zellen ganz aus dem Rahmen der übrigen heraus. Diese Abweichung lässt sich aber durch die Annahme erklären, dass bei diesem Exemplar aus irgend einem Grunde eine Verzögerung in der Theilung der primären Segmentzelle stattgefunden hat, denn wenn man hier die oberste erste Internodialzelle zur zweiten macht u. s. f., so sind die Längen der Zellen durchaus nicht mehr als abnorm zu bezeichnen. Wenn wir aus den an einer grösseren Anzahl von Exemplaren gemachten Beobachtungen die mittlere Länge für jede erste, zweite, dritte u. s. w. Zelle bestimmen (wie dies in der obigen Tabelle geschehen ist), so können wir daraus auch eine mittlere Vertheilung der Wachsthumsintensität ableiten. Eine Anzahl anderer Exemplare würde

uns dieselbe mittlere Länge der Zellen geben. Letztere ist somit eine charakteristische Eigenschaft der untersuchten Pflanzenart.

Da die Länge der Zellen bestimmter Ordnung einer *Nitella,* wie wir eben gefunden haben, zwischen gewissen Maximal- und Minimalwerthen liegen muss, so folgt daraus, dass auch die Grösse der Wachsthumsintensität dieser Zellen in gewisse Grenzen eingeschlossen sein muss. Wir wollen hier nicht näher auf diesen Gegenstand eingehen, sondern beschränken uns darauf, zu untersuchen, welches die oberste und die unterste Lage derjenigen Zelle, welche die stärkste Wachsthumsintensität besitzt und die wir Principalzelle nennen wollen, bei einer und derselben Nitellapflanze, oder bei verschiedenen Nitellapflanzen mit der gleichen Vertheilung der Wachsthumsintensität sein kann. Wir gehen von einer Nitellapflanze aus, bei der die Principalzelle gerade eine bestimmte Lage hat und verfolgen nun die Aenderungen, welche die Wachsthumsintensität der unmittelbar über derselben gelegenen oberen Zelle während des weiteren Wachsthums erfährt. Die Wachsthumsintensität dieser oberen Zelle nimmt allmählich zu, in dem Masse, als sie durch das Wachsthum der oberen Zellen nach unten rückt, bis sie die Grösse derjenigen der unteren Zelle erreicht. Letztere verliert damit ihre Eigenschaft als Principalzelle, während die von uns speciell in's Auge gefasste Zelle an ihre Stelle tritt. Diese behält nun den Rang als Principalzelle, indem sie immer weiter nach unten rückt, bis sie die Lage erreicht, welche die frühere Principalzelle einnahm, als sie ihren Vorrang einbüsste. Dann muss auch unsere Zelle den Vorrang an ihre obere Nachbarin abgeben. Aus dieser Darstellung folgt unmittelbar, dass bei der höchsten Lage der Principalzelle die untere Querwand in derselben Entfernung vom Scheitelpunkt liegt, wie die obere Wand bei der tiefsten Lage. Wir geben nun eine Zusammenstellung über die Lage der Principalzelle der 17 von uns gemessenen Nitellen, wobei wir noch die Grösse der Wachsthumsintensität beifügen:

	Entf. vom Schp. mm.	W.-Int.
I.	0.3 — 0.8	6.4
II.	0.4 — 1.1	8.2
III.	0.3 — 1.2	8.4
IV.	0.3 — 0.8	4.7
V.	0.2 — 0.5	6.2
VI.	0.4 — 0.8	4.1
VII.	0.4 — 0.8	6.4
VIII.	0.7 — 2.0	5.4
IX.	0.5 — 1.8	4.7
X.	0.7 — 2.6	4.4
XI.	0.4 — 1.1	5.3
XII.	0.5 — 1.9	5.1
XIII.	0.3 — 0.6	6.0
XIV.	0.3 — 0.7	4.3
XV.	0.7 — 2.9	5.2
XVI.	0.3 — 0.8	6.4
XVII.	0.3 — 0.8	5.4

Wir finden bei V die höchste Lage für die Principalzelle; sie liegt hier zwischen 0.2 und 0.5 mm. vom Scheitelpunkt ab, bei XV die tiefste in der Entfernung von 0.7—2.9 mm. vom Scheitel. Die untere Querwand der Principalzelle bei V ist also 0.5 mm. vom Scheitel entfernt, die obere Wand derselben Zelle bei XV 0.7 mm. Man sieht, dass beide annähernd gleich weit vom Scheitel entfernt sind. Wenn die Principalzelle nahe ihrer höchsten oder tiefsten Stelle liegt, muss, wie man leicht erkennen wird, die absolute Grösse der Wachsthumsintensität am geringsten sein; dagegen muss letztere ihren höchsten Werth erreichen, wenn die Zelle die mittlere Lage zwischen beiden Extremen einnimmt. Auch damit stimmen die von uns gefundenen Werthe der Wachsthumsintensität im Grossen und Ganzen, wenn auch mit einigen Ausnahmen.

Alle unsere bisherigen Betrachtungen bezogen sich auf das Wachsthum unter constanten äusseren Bedingungen, worunter namentlich eine

constante Temperatur mit inbegriffen ist. Wir haben demgemäss das Plastochron als einen Zeitraum von bestimmter und gleicher Dauer angenommen. Bekanntlich ist aber der Zuwachs, den irgend eine Strecke der wachsenden Region einer Pflanze während eines gleichen Zeitraums erfährt, bei verschiedenen Temperaturen verschieden gross. Folglich ist auch die absolute Zeitdauer eines Plastochrons (d. h. der Zeit, innerhalb deren der über der obersten Internodialzelle gelegene Theil einer *Nitella* einen Zuwachs gleich der Länge dieser Internodialzelle erfährt) bei verschiedenen Temperaturen verschieden. Wir haben indessen schon früher bemerkt, dass der gesammte Längenzuwachs einer *Nitella* während eines Plastochrons gleich ist der Länge einer erwachsenen Internodialzelle und nur von dieser letzteren Grösse abhängt. Da nun aber, soviel bekannt ist, die Verschiedenheit der Temperatur keinen Einfluss auf die Länge der Glieder von gegliederten Pflanzen ausübt, so muss auch der gesammte Längenzuwachs einer *Nitella* während eines Plastochrons immer dieselbe Grösse haben, einerlei unter welcher Temperatur auch die Pflanze wachsen mag und wie verschieden demgemäss auch die absolute Zeitdauer eines Plastochrons sei. Wir sehen hieraus, dass die Zeit, innerhalb deren eine bestimmte kurze, in der Nähe des Vegetationspunktes liegende Strecke einen bestimmten Zuwachs erfährt, durch höhere oder niedere Temperatur in demselben Maasse verlängert oder verkürzt wird, wie diejenige Zeit, in welcher die gesammte in Wachsthum begriffene Region der Pflanze einen bestimmten Zuwachs erfährt. Oder der Zuwachs der genannten Strecke in einem bestimmten Zeitraum ändert sich für verschiedene Temperaturen proportional mit dem gesammten Längenzuwachs der Pflanze in demselben Zeitraum. Dieser Satz macht es aber im höchsten Grade wahrscheinlich, dass überhaupt der Zuwachs, den irgend eine kurze Strecke der in Wachsthum befindlichen Region während eines bestimmten Zeitraums erfährt, immer denselben proportionalen Theil des gesammten Längenzuwachses der Pflanze während desselben Zeitraums ausmacht, unter welcher Temperatur auch das Wachsthum erfolgen mag. Folglich stehen auch die Zuwächse irgend welcher Strecken der wachsthumsfähigen Region für denselben Zeit-

raum, unter jeder Temperatur, in demselben Verhältniss zu einander. Hieraus folgt aber weiter, dass wenn man nach unserer Methode die Vertheilung der Wachsthumsintensität einer Pflanze bestimmt, man immer dasselbe Resultat erhalten muss, und die Temperatur, in der sich die Pflanze bis zur Messung befand, dabei gleichgültig ist. Somit hat die auf irgend eine Weise ermittelte Vertheilung der Wachsthumsintensität eine allgemeine, von der Temperatur ganz unabhängige Bedeutung.

Ich habe trotz der zahlreichen Messungen von verschiedenen gegliederten Pflanzentheilen, die ich ausgeführt habe, bisher noch keine solche Messungen vorgenommen, die speciell darauf hingezielt hätten, die Richtigkeit des eben als höchst wahrscheinlich aufgestellten Satzes zu erweisen. Doch habe ich gelegentlich Pflanzen derselben Art zu verschiedenen Zeiten des Jahres untersucht und ich habe dabei wenigstens keine Thatsachen beobachtet, die für einen Einfluss der Temperatur auf die Vertheilung der Wachsthumsintensität sprechen. Dagegen habe ich schon vor einigen Jahren zahlreiche Versuche über die Vertheilung der Wachsthumsintensität bei verschiedener Temperatur an Wurzeln von *Zea Mais* angestellt, wobei die wachsende Region auf die bekannte Art durch Auftragen von Theilstrichen in Strecken von je 1 mm. Länge getheilt war. Die Versuche fanden bei Temperaturen von 10—25° C. statt: die Resultate, die ich erhielt, sprechen entschieden für die Richtigkeit des obigen Satzes. Nach diesem Satze müssen auch Pflanzen, die bei wechselnder Temperatur wachsen, doch jederzeit dieselbe Vertheilung der Wachsthumsintensität zeigen, falls nicht die Temperaturschwankungen an sich irgend einen speciellen Einfluss auf das Wachsthum ausüben, was nach den bekannten Versuchen von Pedersen[1]) nicht anzunehmen ist.

Wie wir früher bemerkt haben gibt die nach unserer Methode berechnete Wachsthumsintensität nur den durchschnittlichen Zuwachs einer in der Internodialzelle einer *Nitella* gelegenen Strecke. Wenn nun auch anzunehmen ist, dass die Wachsthumsintensität innerhalb der

---

[1]) Arbeiten des bot. Inst. in Würzburg. Bd. I. S. 563.

jüngeren Internodien der *Nitella* wenigstens keine grossen Verschiedenheiten zeigt, so ist dagegen eher wahrscheinlich, dass innerhalb der älteren Internodien die Wachsthumsintensität eine ziemlich verschiedene ist. Es ist sogar möglich, dass bei diesen nur noch ein kleiner Theil wirklich an Länge zunimmt, während im übrigen Theile das Wachsthum ganz aufgehört hat. Um die Vertheilung der Wachsthumsintensität innerhalb eines Internodiums kennen zu lernen, muss man eine besondere Untersuchung vornehmen, etwa in der Art, dass man dasselbe durch Auftragen von Theilstrichen in eine Anzahl gleicher Theile theilt und deren Zuwachs während eines gleichen Zeitraums bestimmt. Natürlich können auch von der Natur gegebene Abtheilungen eines Internodiums, wenn solche vorhanden sind, zu demselben Zwecke benutzt werden. Immerhin erfährt man so nur den Zuwachs einer Strecke von einer gewissen Länge, man kann aber nicht bestimmt sagen wie sich die Vertheilung der Wachsthumsintensität innerhalb der Strecke verhält. Wenn es also z. B. auch wahrscheinlich ist, dass das Wachsthum innerhalb einer 1 mm. langen Querzone einer Wurzel bis zu einer gewissen Grenze ziemlich gleichmässig erfolgt, so können wir doch ohne eine besondere Untersuchung nicht sagen, bis auf wie kleine Theile der Strecke hinab sich diese Gleichmässigkeit erstreckt.

Obwohl wir so durch die Messung der Länge der aufeinander folgenden Glieder nicht den wirklichen Zuwachs, den jeder kleinste Theil der wachsenden Region einer Pflanze in einem bestimmten Zeitraum erfährt, erhalten, so ist doch diese Methode von grosser Bedeutung für die Kenntniss des Wachsthums einer jeden Pflanze. Denn wir erhalten dadurch die grosse Periode des Wachsthums eines Gliedes, den Längenzuwachs, den ein Glied von bestimmter Länge in einem bestimmten Zeitraum zeigt. Dies ist aber eine unter gleichen äusseren Bedingungen constante und für jede Pflanze characteristische Grösse.

Ueberhaupt können wir unsere Methode zur Bestimmung der grossen Periode des Wachsthums aller Pflanzentheile anwenden, die in regelmässiger Folge am Vegetationspunkt entstehen. So z. B. können wir damit eine nähere Einsicht in Bezug auf das Wachsthum der Blätter als Ganzes gewinnen, indem wir die Massverhältnisse der

Blätter verschiedenen Alters ermitteln, die an der Stammknospe aufeinander folgen, wiewohl bekanntlich das Wachsthum der einzelnen Theile eines Blattes nach ziemlich complicirten Gesetzen erfolgt. Ebenso können wir auf demselben Wege den Verlauf des Dickenwachsthums der Stämme und Wurzeln näher erforschen.

Wir wollen zum Schluss noch einige Erläuterungen zu den graphischen Darstellungen des Wachsthums von *Nitella* geben, die wir diesem Aufsatze beifügen.

Fig. 12 stellt die grosse Periode des Wachsthums einer Internodialzelle von *Nitella*, nach den Messungen von Nro. I (d. Tab. I), vor. Die Abscissen repräsentiren die Zeit, je 10 mm. entsprechen einem Plastochron, dessen absolute Dauer ich bisher nicht bestimmt habe. Als Ordinaten sind die Längen der aufeinander folgenden Internodien in zehnfacher Vergrösserung aufgetragen und ihre oberen Enden durch eine Linie verbunden.

Fig. 1 ist eine graphische Darstellung der Vertheilung der Wachsthumsintensität von *Nitella* nach den Exemplaren I—IV der Tab. I. Als Abscissen sind unten die Längen der Internodien in zehnfach vergrössertem Massstab aufgetragen, jeder verticale Strich entspricht einem Blattknoten. Bei einer graphischen Darstellung der Wachsthumsintensität war es nöthig, irgend eine willkürliche Annahme über die Vertheilung derselben innerhalb des Internodiums zu machen, deren thatsächlicher Bestand uns nicht bekannt ist. Ich habe angenommen, dass die Wachsthumsintensität hier, wie bei den Querzonen der Wurzeln von Phanerogamen, allmählich von der Grösse, die sie in einer Internodialzelle besitzt, auf die der andern übergeht; nicht, weil ich der Ansicht bin, dass die Vertheilung der Wachsthumsintensität in den Internodien von *Nitella* in der That nach diesem Gesetze erfolgt, sondern weil damit die mittlere Wachsthumsintensität der verschiedenen Internodien in einfachster Art zur Anschauung gebracht wird. Ich habe demgemäss auf die Mitte eines jeden Internodiums die zehnfache Grösse der Wachsthumsintensität in mm. als Ordinate aufgetragen und die Scheitel der Ordinaten durch eine Linie verbunden. Somit stellen die Ordinaten den zehnfachen Zuwachs vor, den 1 mm. des zu-

gehörigen Internodium (im Durchschnitt) während eines Plastochrons erfährt, oder den wirklichen Zuwachs von 1 cm. in derselben Zeit. Die abnorme Wachsthumsintensität, die sich aus den Messungen der allerjüngsten Internodien mancher Exemplare ergibt, wurde hierbei nicht berücksichtigt. Man könnte bei der graphischen Darstellung auch von der Annahme ausgehen, dass die Wachsthumsintensität für das ganze Internodium dieselbe ist, dann müsste man dieselbe Ordinate für die ganze Länge des Internodiums festhalten, und es würde von Internodium zu Internodinm eine plötzliche Aenderung dieser Ordinate eintreten. Streng genommen müsste unter allen Umständen bei jedem Blattknoten die Ordinate = 0 werden, da die Wachsthumsintensität hier in der That = 0 ist, doch würde die Andeutung dieses Verhältnisses die Zeichnung sehr unübersichtlich machen. Die Curve der wirklichen Vertheilung der Wachsthumsintensität irgend eines Pflanzentheils, bei dem die Wachsthumsintensität innerhalb der Internodien selbst grosse Unterschiede zeigt, wie dies z. B. bei den meisten Stämmen von Phanerogamen, vielleicht auch bei *Nitella* selbst der Fall ist, würde eine sehr complicirte Wellenlinie darstellen.

Fig. 2 entspricht ganz der Fig. 1, nur dass hier, statt der mittleren Wachsthumsintensität, die durchschnittliche W a c h s t h u m s - g e s c h w i n d i g k e i t zehnfach vergrössert in mm. als Ordinate auf die Mitte des Internodiums aufgetragen wurde.

Bei den verschiedenen Gruppen von Pflanzen, die zu den Algen gezählt werden, finden wir eine grosse Mannigfaltigkeit der Art des Längenwachsthums. Man macht, wie ich hier einschalten will, vielfach einen scharfen Unterschied zwischen dem Wachsthum, das mit Bildung neuer Zellen verbunden ist, und demjenigen, das nur auf Streckung schon vorhandener beruht. Es ist nun ganz richtig, dass bei vielen Algen die Bildung neuer Zellen nur auf einen ganz bestimmten Theil der Pflanze beschränkt ist. Bei andern dagegen, wie z. B. den *Fucaceen*, manchen complicirter gebauten *Phaeosporeen* und *Florideen*, findet man keine solche strenge Trennung. Die Bil-

dung neuer Zellen dauert in manchen Gewebeschichten noch fort, während sie in andern schon aufgehört hat. Bekanntlich findet man dasselbe bei Moosen und Gefässpflanzen. Auf jeden Fall halte ich mich für vollkommen berechtigt, das mit Querfächerung der Zellen verbundene Längenwachsthum und dasjenige, bei dem nur Streckung der Zellen stattfindet, unter dem allgemeinen Begriffe des Längenwachsthums zusammenzufassen.

Wir wollen nun die Hauptformen des Längenwachsthums bei den Algen kurz hervorheben. Bei vielen einfachen Fadenalgen finden wir ein allgemeines und unbegrenztes Längenwachsthum sämmtlicher Zellen, aus denen der Faden besteht, so z. B. bei den *Oscillarien*, den *Conjugaten*, *Ulothricheen* u. a. Dem gegenüber sehen wir, dass bei allen höher organisirten Algen das Wachsthum nur an einer bestimmten Stelle continuirlich fortdauert, die dort erzeugten Zellen aber mit fortschreitendem Alter die Fähigkeit in die Länge zu wachsen einbüssen. Solche Algen besitzen also einen Vegetationspunkt. Dieser kann entweder nach zwei entgegengesetzten Seiten, oben und unten Gewebe absondern, also intercalar liegen, wie z. B. bei manchen *Phycochromaceen*, den *Draparnaldien* und vielen Formen von *Phaeosporeen*, deren Wachsthum neuerdings von Janczewski[1]) beschrieben worden ist. Oder er liegt an dem oberen Ende des Thallus; bekanntlich die allgemein verbreitete Art des Wachsthums der höher organisirten Algen. Unter den Algen mit apicalem Vegetationspunkt zeichnet sich eine Anzahl Formen dadurch aus, dass bei ihnen das Längenwachsthum auf die oberste Zelle des Thallus, also auf eine Strecke von sehr geringer Länge beschränkt ist. Hierher gehören u. a. die *Cladophoreen*, die *Sphacelararieen*, auch einige einfach gebaute *Florideen*, z. B. *Callithamnion floridulum*. Auch die fadenförmigen Vorkeime der Laubmoose wachsen in dieser Weise. Es mag bei dieser Gelegenheit erwähnt werden, dass auch die Vorkeime von *Batrachospermum* (die *Chantransien*) und diejenigen von *Lemanea* (nach den Zeichnungen von Sirodot[2]) ein ausschliessliches Längenwachsthum

[1]) Mém. de la soc. de Cherbourg 1875.

[2]) Annales des sciences nat. Bot. Serie V, Form. XVI.

der Scheitelzelle zeigen, während die daraus hervorgehende neue Generation ein über zahlreiche Gliederzellen sich erstreckendes Längenwachsthum besitzt, sich also hierin ähnlich verhält, wie die beblätterte Moospflanze ihrem Protonema gegenüber [1]).

Bei der Mehrzahl der höher organisirten Algen, z. B. allen *Fucaceen* und fast allen *Florideen*, erstreckt sich das Längenwachsthum über eine längere Strecke und über eine grössere Anzahl von Zellen. Wie früher erwähnt, hat schon Nägeli das Längenwachsthum einiger *Florideen*, der zu den *Callithamnieen* gehörigen *Pterothamnion Plumula* und *floccosum*, auf Grund ganz derselben Voraussetzungen, wie wir sie unserer Methode zu Grunde gelegt haben, näher untersucht [2]). Es war ihm indessen mehr darum zu thun, den Verlauf des Wachsthums der einzelnen Zelle als die Vertheilung der Wachsthumsintensität auf die ganze in Wachsthum begriffene Region kennen zu lernen. Er mass die Länge einer bestimmten einzelnen Zelle, die jeweils an der Basis des Internodiums gelegen war. Je zwei solcher Zellen waren durch zwei andere Zellen von einander getrennt. Nägeli fand aus seinen Messungen an *Pterothamnion floccosum* [3]), dass die Wachsthumsintensität, die er mit dem Ausdruck Increment bezeichnet, vom obersten Glied bis etwa zum 9. oder 12. wächst und von dort nach unten stetig abnimmt. Er bestimmte auch die Vertheilung der Wachsthumsintensität innerhalb der einzelnen Zellen, indem er dabei von dem mittleren seitlichen Porus der Zelle ausging und den Zuwachs des über und unter demselben gelegenen Theiles der Zelle ermittelte. Er fand, dass anfangs das Längenwachsthum hauptsächlich vom unteren Theile ausgeht. Nach und nach nimmt aber die Wachthumsintensität des oberen Theiles zu, bis sie die des unteren erreicht und schliesslich

[1]) Einige Exemplare der weiterhin ausführlicher beschriebenen *Callithamnion scopulorum Ag.* besassen Rhizoiden. Diese zeigten Längenwachsthum nur in ihrer Scheitelzelle. Aehnlich verhalten sich auch Rhizoiden anderer *Florideen*, wie ich aus einigen Abbildungen in den Schriften von Cramer und Kützing ersehe.

[2]) Nägeli und Cramer, Pflanzenphysiologische Untersuchungen, Heft I, Seite 54.

[3]) A. a. O., S. 59.

übertrifft. Daraus folgt, dass die Gliederzellen dieser Pflanze und wohl auch die der andern *Florideen* keine gleichförmige Wachsthumsintensität besitzen, sondern sich den Internodien der Phanerogamen ähnlich verhalten [1]).

Ich selbst habe nur ein *Callithamnion* und eine *Polysiphonia*, die beide aus Ostende stammten und in Glycerin aufbewahrt waren, auf ihre Wachsthumsweise untersucht. Das *Callithamnion*, das ich als *C. scopulorum Agardh* bestimmt habe, besitzt eine Scheitelzelle, die sich durch abwechselnd nach rechts und links geneigte Querwände theilt und so Gliederzellen abscheidet, die sich nicht weiter theilen, sondern lediglich durch Streckung in die Länge wachsen. Diese abwechselnd geneigten Wände, welche die Scheitelzelle nach unten begrenzen, legen sich seitlich an die Wände derselben an; sie nehmen übrigens später durch ungleiches Wachsthum der Längswände der Gliederzellen eine fast genau horizontale Lage an. Von den Gliederzellen sprossen Aeste aus, von denen manche zur Längsaxe des Astes transversale Querwände besitzen, während andere, deren Wachsthum ausgiebiger und länger dauernd zu sein scheint, ähnlich nach rechts und links geneigte Wände besitzen, wie der Hauptstamm der Pflanze. Doch ist der Unterschied beider Arten von Aesten nicht scharf ausgesprochen. Die Aeste können wiederum Aeste zweiter Ordnung erzeugen. Nachfolgende Tabelle enthält das Resultat unserer Messungen. Bei Messung der Länge der oberen Zellen wurde auf die Mitte der schiefen Scheidewand eingestellt. Gemessen wurde unter dem Mikroskop mit dem Ocularmikrometer. (Siehe Tabelle Seite 100 u. 101.)

Wie man aus der obigen Tabelle ersieht, liegt bei *C. scopulorum* der Ort des Gliedes mit der stärksten Wachsthumsintensität nahe am Scheitel, von da ab nimmt diese nach unten hin stetig ab. Die älteren Zellen sind in ihrer Länge sehr verschieden und lassen darin keine

---

1) Nach den Messungen Nägeli's an den Zellen von *Pt. Plumula* (a. a O., S. 61) zeigt derjenige Theil der Zelle, an dem der Seitenstrahl sitzt, nur kurze Zeit ein stärkeres Längenwachsthum. Er hört bald auf in die Länge zu wachsen, während der Theil der Zelle, der über und unter ihm liegt, sich noch beträchtlich verlängert. Man kann hierin eine Annäherung an das Verhalten der Blattknoten bei *Phanerogamen* und *Characeen* erblicken.

regelmässige Folge erkennen; man muss daraus schliessen, dass das Wachsthum der Zellen im späteren Alter nicht mit derselben Regelmässigkeit wie in der Jugend vor sich geht. Man beobachtet diese Erscheinung an allen Gliedern, deren Wachsthum längere Zeit anhält. Aus den Zahlen der Tabelle könnte man schliessen, dass das Längenwachsthum der Gliederzellen von *Callithamnion scopulorum* etwa vom 30. bis 40. Gliede ab völlig still steht. Das ist indessen in Wirklichkeit nicht der Fall. Die unteren Zellen eines jeden Astes scheinen nämlich in ihrem Wachsthum dauernd gegen die oberen zurückzubleiben. Bei längeren und älteren Aesten findet man aber, dass die älteren Glieder noch viel länger sind, als die längsten, die in der obigen Tabelle vorkommen. Immer nimmt zwar die Wachsthumsintensität nach unten hin stetig ab, es erscheint mir aber doch hier, wie bei manchen andern *Florideen* (so den *Ceramien* und *Polysiphonien*) zweifelhaft, ob auch bei den ältesten Gliederzellen das Längenwachsthum wirklich ganz aufgehört hat; d. h. ob die Wachsthumsintensität, die sich immer mehr der 0 nähert, hier diesen Werth wirklich erreicht. Die grosse Unregelmässigkeit in der Länge der älteren Zellen macht, dass dieser Punkt sehr schwer zu entscheiden ist.

Fig. 11 gibt eine graphisehe Darstellung der Vertheilung der Wachsthumsintensität in einem Sprosse von *Callithamnion scopulorum* (I der Tabelle III). Unten sind die Längen der Gliederzellen in hundertfach vergrössertem Massstabe aufgetragen. Der zehnfache Werth der Wachsthumsintensität, die aus den Längensummen von je drei Gliederzellen abgeleitet wurde, ist in mm. als Ordinate auf die Mitte von je drei zugehörigen Gliederzellen aufgetragen.

Wir geben nachstehend noch das Resultat unserer Messungen an einer *Polysiphonia*, deren Speciesnamen wir nicht bestimmen konnten. Die Tabelle bedarf keiner besonderen Erläuterung. Die Bedeutung der Columnen ist dieselbe, wie in den andern Tabellen.

(Siehe Tabelle Seite 102.)

Die beblätterten Stämme der Moose und Gefässpflanzen zerfallen alle in ähnlicher Weise, wie die Stämme von *Nitella* in Internodien, die durch Blattknoten von einander getrennt sind. Die Blattknoten

Ta-

Callithamnion

Gliederzelle.	I. Ast von 35 Zellen. Thstr.	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-Int.	Entf. v. Sch. mm.	II. Ast von 34 Zellen. Thstr.	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-Int.	Entf. v. Sch. mm.
S.	3.5	0.019			0.019	2.5	0.014			0.014
1	2					2				
2	2					3				
3	2.5	0.036	0.019	0.53	0.055	3.5	0.047	0.017	0.36	0.061
4	2.5					3.5				
5	3 5					4				
6	4	0.055	0.026	0.47	0.110	4	0.064	0.017	0.26	0.125
7	4.5					4.5				
8	5					5				
9	5	0.081	0.033	0 40	0.191	5	0.081	0.038	0.47	0.206
10	6.5					6.5				
11	6.5					7				
12	7.5	0.114	0.058	0.42	0.305	8	0.119	0.023	0.19	0.325
13	9.5					8				
14	10.5					8.5				
15	11	0.172	0.042	0.24	0.477	9	0.142	0.039	0.27	0.467
16	11.5					10				
17	13.5					11				
18	13.5	0.214	0.025	0.12	0.691	11.5	0.181	0.002	0.01	0.648
19	14					12				
20	14					12				
21	15	0.239	0.055	0.24	0.930	9	0.183	0.000	0.00	0.831
22	16					10				
23	19					11.5				
24	18	0.294	—	—	—	11.5	0.183	0.089	0.48	1.004
25	16					15.5				
26	14.5					15.5				
27	14	0.247	—	—	—	18	0.272	0.089	0.14	1.286
28	13					16				
29	10.5					19				
30	11	0.192	—	—	—	21	0.311	--	—	—
31	11					22.5				
32	10					19				
33	10	0.172	—	—	—	13.5	0.306	—	—	—
34	12									
35	7	0.106	—	—	—					

I. Ast: Länge der Zelle der Hauptaxe, an der der Ast sitzt = 0.117 mm

II. Ast: Länge der Zelle der Hauptaxe, an der der Ast sitzt = 0.206 mm.

S. bedeutet auch hier die Scheitelzelle. In der mit Thstr. bezeichneten Columne Gliederzelle kamen, angegeben, während die folgende Columne die Länge je dreier wurde. Die Bedeutung der übrigen Columnen ist dieselbe wie in der Tabelle 1.

belle III.

scopulorum Ag.

III. Ast von 28 Zellen.

Thstr.	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-Int.	Entf. v. Sch. mm.
4	0.022			0.022
2, 2, 2.5	0.036	0.015	0.42	0.058
3, 3, 3.2	0.051	0.025	0.49	0.109
4, 4.2, 5.5	0.076	0.033	0.43	0.185
5.5, 6.7, 7.5	0.109	0.042	0.39	0.294
8, 9.2, 10	0.151	0.051	0.34	0.445
12.2, 14.2, 10	0.202	—	—	0.647
10, 11, 15	0.200	0.059	0.29	0.847
16.2, 16, 14.5	0.259	—	—	1.106
16, 15.5, 10.5	0.233	—	—	1.339

IV. Ast von 59 Zellen.

Thstr.	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-Int.	Entf. v. Sch. mm.
3.5	0.019			0.019
2.5, 3, 3.2	0.048	0.014	0.29	0.067
3.2, 4, 4	0.062	0.016	0.26	0.129
4.8, 5, 5.2	0.078	0.037	0.47	0.207
6.2, 6.5, 8	0.115	0.041	0.36	0.322
9, 9.2, 9.8	0.156	0.037	0.24	0.478
10.3, 12, 12.5	0.193	0.055	0.28	0.671
14, 14.7, 16	0.248	—	—	0.919
8.5, 8, 8	0.136	0.056	0.41	1.055
10, 12, 12.5	0.192	0.102	0.53	1.247
16, 18, 19	0.294	0.075	0.26	1.541
22, 22.5, 22	0.369	0.020	0.05	1.910
23.5, 23, 23.5	0.389	0.083	0.21	2.299
27, 29, 29	0.472	—	—	—
29, 29, 26	0.467	—	—	—
25, 23.5, 22	0.392	—	—	—
22, 21, 20.5	0.353	—	—	—
20, 19, 18	0.318	—	—	—
18, 18, 20.5	0.314	—	—	—
15, 20.5, 19	0.303	—	—	—
21.5				

ist die Anzahl der Theilstriche des Ocularmicrom. = $^1/_{180}$ mm., welche auf jede solcher Zellen in mm. enthält, die auch den weiteren Rechnungen zu Grunde gelegt

Tabelle IV.

Polysiphonia sp.

Glied.	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-Int.	Entfern. v. Sch. mm.	Glied	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-Int.	Entfern. v. Sch. mm.
S.	0.07			0.07					
1					31				
2					32				
3	0.012	0.001	0.08	0.019	33	0.146	0.049	0.34	0.574
4					34				
5					35				
6	0.013	0.003	0.23	0.032	36	0.195	0.015	0.08	0.769
7					37				
8					38				
9	0.016	0.002	0.12	0.048	39	0.210	0.023	0.11	0.979
10					40				
11					41				
12	0.018	0.002	0.67	0.066	42	0.233	0.016	0.07	1.212
13					43				
14					44				
15	0.030	0.007	0.23	0.096	45	0.249	0.063	0.27	1.461
16					46				
17					47				
18	0.037	0.010	0.27	0.133	48	0.312	—	—	1.773
19					49				
20					50				
21	0.047	0.017	0.39	0.180	51	0.311	—	—	—
22					52				
23					53				
24	0.064	0.017	0.27	0.244	54	0.346	—	—	—
25					55				
26					56				
27	0.081	0.022	0.27	0.325	57	0.325	—	—	—
28					58				
29					59				
30	0.103	0.043	0.42	0.428	60	0.273	—	—	—

Das Glied an dem der Ast sass war 0.142 mm. lang.

bilden den Stamm durchsetzende Querplatten, die nach oben und unten durch Ebenen begrenzt werden, die durch die obere und untere Grenze der Ansatzstelle des Blattes gehen. Letztere ist nicht immer scharf zu bestimmen, doch gibt sich auch in solchen Fällen die obere und untere Grenzfläche des Blattknotens an der abweichenden Beschaffenheit des Zellgewebes zu erkennen. Während die Blattknoten nach

ihrer Anlage nur wenig in die Länge wachsen, strecken sich die Internodien der meisten Gefässpflanzen auf das Vielfache, oft Hundert- und Tausendfache ihrer ursprünglichen Länge. Bei manchen Pflanzen strecken sich die Internodien allerdings nicht erheblich, während die Blattknoten, oder genauer gesagt, die Ansatzstellen der Blätter verhältnissmässig stark in die Länge wachsen. Ueber das Längenwachsthum dieser Pflanzen ist indessen wenig bekannt [1]).

Wenn ein Stamm eine grössere Länge erreicht und aus zahlreichen Internodien besteht, so stimmen diese, namentlich wenn man nicht den ganzen Stamm, sondern begrenzte Theile desselben in's Auge fasst, in ihrer Länge ziemlich überein. Doch kommen hierin auch starke Verschiedenheiten vor und wir wollen die wichtigsten Verhältnisse, die auf die Länge der Internodien von Einfluss sind, hier kurz besprechen. Sachs hat darauf aufmerksam gemacht [2]), dass die zuerst gebildeten erwachsenen Internodien der meisten Stämme kurz sind, die folgenden länger werden, dann ein längstes folgt, dem nach der Spitze hin kürzere und immer kürzere folgen. Diese Regel gilt besonders von Stämmen mit begrenztem Wachsthum. Bei Stämmen mit sehr lang dauerndem oder unbegrenztem Längenwachsthum ist das Längerwerden der erwachsenen Internodien natürlich auch zu beobachten, dann folgt aber eine lange Reihe Internodien von nahezu gleicher Länge, die spätere Abnahme der Länge, von der es mir übrigens zweifelhaft ist, ob sie ganz allgemeine Geltung hat, ist hier nicht immer zu constatiren. Das allmähliche Erstarken der Pflanze, das länger und dicker Werden der Internodien ist namentlich bei Keimpflanzen sehr deutlich zu beobachten, auch bei Aesten sind gewöhnlich, wenn auch nicht immer, die untersten basalen Internodien kürzer, als die darauf folgenden. Bei solchen Sprossen, deren Wachsthum durch regelmässige Ruheperioden unterbrochen wird, wie bei den sich alljährlich durch Knospen abschliessenden Zweigen unserer Bäume findet eine periodische Zu- und Abnahme der Länge der Internodien an

[1]) Vergl. Hofmeister. Handbuch der physiolog. Botanik. I. Band. 2. Abth. S. 419.

[2]) Lehrb. d. Botanik. S. 793.

demselben Stamme statt. Für die Anwendung unserer Methode haben diese Unterschiede in der Länge der erwachsenen Internodien keine so grosse Bedeutung, wie man wohl meinen könnte, denn sie sind, wenn man sich so ausdrücken darf, meist von anderer Ordnung, als die Grössenunterschiede der im Alter aufeinander folgenden nicht erwachsenen Internodien und sie können mit diesen im Allgemeinen nicht verwechselt werden. Natürlich kann die Nichtberücksichtigung der Längenunterschiede, welche die Internodien im erwachsenen Zustande zeigen, bei der Bestimmung der Wachsthumsintensität nach unserer Methode zu irrigen Schlüssen führen. Wenn die erwachsenen Internodien eines Stammes noch nicht ihr Maximum der Länge erreicht haben, also noch im Zunehmen sind, so kann man wohl ein noch nicht ganz erwachsenes Internodium irriger Weise als erwachsen ansehen, weil es ebenso lang oder länger ist, als die nächst älteren. Ebenso kann man, wenn man einen Spross untersucht, dessen erwachsene Internodien bereits an Länge abnehmen, ein Internodium irrthümlich noch als im Wachsthum begriffen ansehen, das schon zu wachsen aufgehört hat. Man kann sich aber vor solchen Irrthümern dadurch bewahren, dass man mehrere Sprossen von verschiedenem Alter, die also eine verschiedene Zahl von Internodien bereits gebildet haben, vergleichend untersucht.

Bei Pflanzen mit zahlreichen Zweigen findet man gewöhnlich, dass die Zweige in Bezug auf die Länge der Internodien, wie in Bezug auf die Dicke des Stamms u. a. Verschiedenheiten zeigen, die mitunter eine beträchtliche Grösse erreichen. Bei manchen monopodial verzweigten Pflanzen findet man eine regelmässige Abnahme der Länge der Internodien, wenn man diejenigen der Hauptaxe mit denen der Zweige zweiter Ordnung, diese mit denjenigen dritter Ordnung vergleicht.

Ausserdem wird die Länge der Internodien durch manche äussere Einwirkungen verändert. Man findet mitunter an demselben Stamme einzelne Internodien, die sehr kurz bleiben, während die darüber und darunter befindlichen die normale Länge besitzen. Diese Erscheinung wird wohl meistens durch Störungen in der Ernährung, namentlich durch mangelhafte Zufuhr von Wasser zu den wachsenden Theilen

veranlasst. Auch bilden Individuen, die auf kräftigem und fruchtbaren Boden stehen, längere und dickere Internodien, als solche, die sich unter minder günstigen Verhältnissen befinden. Endlich hat, wie bekannt, die Intensität des Lichtes, unter welchem die Pflanze aufwächst, einen sehr bedeutenden Einfluss auf die Länge der Internodien.

Bei den nachfolgenden Untersuchungen über das Wachsthum der Pflanzenstämme habe ich mich lediglich auf die Bestimmung der Wachsthumsintensität des Internodiums als Ganzes beschränkt. Es scheint mir ein Hauptvorzug der von mir angewandten Methode zu sein, dass sie gestattet, den Verlauf der grossen Periode auch für die allerjüngsten Internodien zu ermitteln und die Vertheilung der Wachsthumsintensität bis ganz in die Nähe des Vegetationspunktes festzustellen, worüber bisher nichts bekannt war. Die Vertheilung der Wachsthumsintensität innerhalb der Internodien ist dagegen schon vor längerer Zeit von Grisebach[1]) und Münter[2]), bei zahlreichen Pflanzen in neuerer Zeit auch von Sachs[3]) in einigen Fällen untersucht worden. Diese Untersuchungen, die durch Auftragen von Theilstrichen und Ermittlung des Zuwachses gleich langer Strecken ausgeführt wurden, konnten natürlich nur an Internodien angestellt werden, die bereits eine gewisse Länge erreicht hatten. Ich will versuchen, hier mit wenig Worten eine kurze Darstellung der Hauptresultate dieser Versuche zu geben.

Nur selten zeigen die Internodien während der ganzen Dauer ihrer Entwicklung ein gleichförmiges Wachsthum, so dass alle Theile derselben während eines gleichen Zeitraums einen gleichen Längenzuwachs erfahren. Doch soll nach Grisebach[4]) das Wachsthum aller sehr jungen Internodien gleichmässig sein und dieser Zustand immer dem spätern ungleichmässigen Wachsthum vorangehen. In den meisten Fällen dauert das Wachsthum an einem der beiden Enden

---

[1]) Grisebach in Wiegmann's Archiv für Naturgeschichte 1843, p. 267 ff.

[2]) Münter in Bot. Zeitg. 1843.

[3]) Sachs, Lehrbuch. 4. Aufl. S. 791.

[4]) A. a. O. S. 283.

des Internodiums noch fort, während es im übrigen Theil desselben bereits erloschen ist. Wenn am oberen Ende am längsten ein Zuwachs stattfindet, so kann man dies Wachsthum mit Grisebach als centripetales [1]), wenn am unteren, als centrifugales bezeichnen. Der erstere Fall scheint der häufigere zu sein. Von diesem am längsten wachsenden Ende ab, das man als intercalaren Vegetationspunkt bezeichnen kann, nimmt die Wachsthumsintensität am Internodium in einem bestimmten Zeitraum erst zu, erreicht in einiger Entfernung davon ein Maximum und nimmt dann wieder ab. Der Uebergang der Wachsthumsintensität findet hier von Querzone zu Querzone allmählich statt, ganz so wie bei den Wurzeln. Wenn die Zone, die am oberen oder unteren Ende des Internodiums lange Zeit wachsthumsfähig bleibt, sehr kurz ist, so pflegt man (nach dem Vorgange Grisebach's) von einem „intercalaren Wachsthum" zu sprechen. Grisebach unterscheidet diese Art des Wachsthums als besondern Wachsthumstypus. Derselbe geht aber durch allmähliche Uebergänge in den gewöhnlichen Typus des centripetalen oder centrifugalen Wachsthums über, wobei das fast gleichförmige Wachsthum, das man bei manchen Internodien beobachtet, als das entgegengesetzte Extrem bezeichnet werden kann. Bei manchen Internodien, wie z. B. bei *Vitis vinifera*, dauert nämlich das Wachsthum an dem einen Ende des Internodiums nur wenig länger, als in den übrigen Theilen desselben.

Die richtige Interpretation, namentlich der Grisebach'schen Untersuchungen wird wesentlich dadurch erschwert, dass bei Anstellung derselben nicht beachtet wurde, dass der Zuwachs einer bestimmten Strecke eines Internodiums nicht allein von der Wachsthumsgeschwindigkeit dieser Strecke, sondern auch von der Dauer des Wachsthums abhängt. Sachs hat zuerst auf diesen Umstand aufmerksam gemacht und gezeigt [2]), dass z. B. die Lage, welche man für den Ort des stärksten Wachsthums bei Wurzeln findet, wesentlich von dem Zeitraum abhängt, nach dessen Verlauf man die Messung

[1]) A. a. O. S. 279.

[2]) Sachs, über das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln. Arb. d. bot. Inst. in Würzburg. Bd. I. S. 422.

des Zuwachses der auf der Wurzel aufgetragenen Strecken vornahm. Grisebach führte seine Messungen in den meisten Fällen nach längeren Zeitzwischenräumen, nach mehreren Tagen, aus. Daher sind die von ihm erhaltenen Resultate in Bezug auf den Zuwachs an verschiedenen Stellen des Internodiums wesentlich durch die lange Dauer des Versuchs beeinflusst. So könnte der Uebergang von centrifugalem in centripetales Wachsthum, den Grisebach mehrfach bei Internodien beobachtet hat [1]), auf eine ähnliche Weise zu erklären sein, wie die von Sachs beobachtete Verschiebung des Ortes des stärksten Zuwachses bei Wurzeln. Man wird zu dieser Vermuthung namentlich durch Vergleichung der Resultate Münter's, dessen Messungen meist nach kürzeren Zeiträumen ausgeführt wurden, mit denjenigen Grisebach's veranlasst. Auch die Darstellung, die Hofmeister [2]) von dem Wachsthum der Internodien gibt, scheint mir wegen Nichtberücksichtigung des eben hervorgehobenen Umstandes nicht durchweg zutreffend zu sein.

Ich habe meine Untersuchungen an den Stämmen phanerogamer Pflanzen in der Weise vorgenommen, dass ich die unteren Stengelglieder bis auf 3—4 mm. Länge hinab am Massstab abmass. Von dem obersten Theile des Stammes wurde dann ein axiler Längsschnitt angefertigt und an diesem die Länge der Glieder mit angemessenen Vergrösserungen ermittelt. Dabei ist es zweckmässig, auch die seitlichen Schnitte aufzubewahren, um diese in zweifelhaften Fällen mit zur Bestimmung der Länge verwenden zu können. Die Schnitte lagen bei dem Messen auf dem Objectträger in Wasser; ich habe es hier nicht nöthig gefunden, irgend welche chemische Reagentien anzuwenden. Ich bestimmte jedesmal die Länge der Strecke, die zwischen der oberen Insertionsstelle des unteren Blattes und der oberen Insertionsstelle des oberen Blattes lag, die Zahlen in den Tabellen geben also jedesmal die Länge von Internodium + Blattknoten [3]). Die Messungen bieten

[1]) A. a. O. S. 286.
[2]) Hofmeister, Handb. d. phys. Bot. Bd. I. 2. Abth. S. 419.
[3]) Ich bezeichne diese Strecke mit dem Namen Stengelglied oder Glied. Vergl. Hofmeister, Handb. d. phys. Bot. Bd. I. 2. Abth. S. 419.

in der Regel keine besonderen Schwierigkeiten, doch bewirkt die Anwesenheit von Axelknospen, Haaren u. dgl., dass man mitunter auch bei der Einstellung nicht ganz genau die oberste Insertionsstelle eines Blattes trifft, wie denn überhaupt die Messung der Länge von Stengelgliedern niemals so genau sein kann, wie die einzelner Zellen. Man sieht auch leicht ein, dass sich nicht alle Stengel gleich gut zu solchen Untersuchungen eignen. Am besten geeignet sind Stämme mit in Wirteln stehenden Blättern, dann auch solche mit der Blattstellung $^1/_2$. Dagegen würde die Messung der Gliederlänge an Stämmen mit mehr complicirter schraubenliniger Blattstellung sich nur mit grosser Mühe durchführen lassen.

Wir geben in den folgenden Tabellen (5—10) die Resultate unserer Messungen an einigen Stämmen von Phanerogamen.

Bemerkungen zu den Tabellen 5—10. Die Bedeutung der verschiedenen Columnen ist dieselbe, wie bei Tabelle 1. S bezeichnet den Theil des Stammes, der über der jüngsten Blattanlage liegt, den Stammscheitel oder Vegetationskegel. In der Columne, die mit E. oder Entf. von S bezeichnet ist, ist die Entfernung von der Scheitelspitze bis zur Basis des betreffenden Stengelgliedes angegeben. Die jüngsten Glieder habe ich öfters nicht einzeln, sondern nur paarweise gemessen; da ich von unten mit den älteren Gliedern zu messen anfing, so blieb dann am oberen Ende des Stammes zuweilen ein unpaares Glied übrig, z. B. bei *Elodea canadensis IV*. Die Wachsthumsintensität, die man für jedes Paar erhält, wenn man mit der Länge des Paares in die Differenz vom nächsten dividirt, ist ungefähr die doppelte derjenigen, die sich für einfache Glieder ergeben würde (s. u.), wir haben darum die Hälfte der ersteren Grösse in Klammern darüber gesetzt.

Allen drei Pflanzen[1]), auf die sich die obigen Tabellen beziehen, ist gemeinsam, dass sich bei ihnen das Wachsthum über eine sehr grosse Anzahl von Gliedern erstreckt. Das Längenwachsthum des einzelnen Gliedes dauert also bei ihnen sehr lange, wenn auch der Zuwachs zuletzt nur schwach ist. Bei *Myriophyllum* sind etwa 25 bis 30 Stengelglieder im Wachsthum begriffen. Der Theil des Stammes, welcher in die Länge wächst, ist 50—100 mm. lang. Bei *Elodea* erstreckt sich die wachsthumsfähige Zone auf 40—50 Glieder und 20—30 mm. Länge. Bei *Hippuris* sind aber noch viel mehr Glieder in Wachsthum begriffen; vielleicht hört hier überhaupt das Wachsthum eines Gliedes nie ganz auf, so lange die Pflanze lebt. In der Tabelle XI geben wir die Längen der älteren Glieder zweier Pflanzen von *Hippuris vulgaris* von einer Länge von 2 mm. ab, die etwa dem 20.—25. Gliede, vom Vegetationspunkte ab gezählt, zukommt.

[1]) Ich untersuchte *Hippuris vulgaris* und *Elodea canadensis* im Sommer 1876, die Pflanzen waren im Heidelb. botan. Garten cultivirt; *Myriophyllum verticillatum*, das ich im Sommer 1877 untersuchte, wurde frisch aus dem Neckar entnommen.

(Siehe Tabelle XI Seite 130).

Ta-

Elodea

Glied.	I.				II.				III.			
	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.
S.	0.14			0.14	0.14			0.14	0.13			0.13
1			(0.1)				(0.1)					
2	0.05	0.01	0.2	0.19	0.05	0.01	0.2	0.19	0.05			0.18
3			(0.08)								(0.10)	
4	0.06	0.01	0.17	0.25	0.06			0.25	0.05	0.01	0.20	0.23
5							(0.08)				(0.08)	
6	0.07			0.32	0.06	0.01	0.17	0.31	0.06	0.01	0.17	0.29
7			(0.08)									
8	0.06	0.01	0.14	0.38	0.07			0.38	0.07			0.36
9			(0.07)				(0.07)					
10	0.07	0.01	0.17	0.45	0.07	0.01	0.14	0.45	0.07			0.43
11							(0.06)					
12	0.08			0.53	0.08	0.01	0.12	0.53	0.07			0.50
13			(0.06)				(0.11)				(0.07)	
14	0.08	0.01	0.12	0.61	0.09	0.02	0.22	0.62	0.07	0.01	0.14	0.57
15			(0.05)				(0.22)					
16	0.09	0.01	0.11	0.70	0.11	0.05	0.45	0.73	0.08			0.65
17			(0.1)		0.07	0.02	0.28	0.80			(0.07)	
18	0.10	0.02	0.2	0.80	0.09	0.04	0.44	0.89	0.07	0.01	0.14	0.72
19			(0.08)		0.13	0.05	0.38	1.02			(0.25)	
20	0.12	0.02	0.17	0.92	0.18	0.24	1.33	1.20	0.08	0.04	0.50	0.80
21			(0.07)		0.42	0.28	0.66	1.62	0.06			0.86
22	0.14	0.02	0.14	1.06	0.70	0.33	0.47	2.32	0.06	0.01	0.17	0.92
23	0.08			1.14	1.03	0.17	0.16	3.35	0.07	0.01	0.14	0.99
24	0.08	0.02	0.25	1.22	1.20	0.10	0.08	4.55	0.08	0.01	0.12	1.07
25	0.10	0.01	0.10	1.32	1.3	0.3	0.23	5.85	0.09	0.02	0.22	1.16
26	0.11	0.02	0.18	1.43	1.6	0.2	0.12	7.45	0.11	0.02	0.18	1.27
27	0.13	0.03	0.23	1.56	1.8	0.2	0.11	9.25	0.13	0.01	0.08	1.40
28	0.16	0.01	0.01	1.72	2.0			11.25	0.14	0.04	0.29	1.54
29	0.17	0.03	0.18	1.89	2.0				0.18	0.05	0.28	1.72
30	0.20	0.05	0.25	2.09	1.7				0.23	0.06	0.26	1.95
31	0.25	0.9	0.36	2.34	2.2				0.29	0.09	0.31	2.24
32	0.34	0.6	0.18	2.68	1.7				0.38	0.15	0.42	2.62
33	0.40	0.40	1.00	3.08	1.7				0.53	0.30	0.56	3.15
34	0.80			3.88	1.7				0.83	0.24	0.29	3.98
35	0.80	0.4	0.50	4.68	2.2				1.07	0.23	0.21	5.05
36	1.2	0.2	0.17	5.88	1.7				1.30	0.16	0.12	6.35
37	1.4	0.2	0.14	7.3	2.0				1.46	0.24	0.16	7.81
38	1.6	0.3	0.19	8.9					1.7			9.51
39	1.9	0.3	0.16	10.8					1.6	0.40	0.25	11.1
40	2.2			13.0					2.0	0.2	0.10	13.1
41	2.2	0.3	0.14	15.2					2.2	0.3	0.14	15.3
42	2.5	0.2	0.08	17.7					2.5	0.2	0.08	17.8
43	2.7	0.5	0.19	20.4					2.7			20.5
44	3.2			23.6					2.7	0.8	0.30	23.2
45	2.7	1.0	0.37	26.3					3.5			26.7
46	3.7			30.0					3.5	0.2	0.06	30.2
47	3.0	0.2	0.07	33.0					3.7			33.9
48	3.2	0.8	0.25	36.2					3.7			37.6

belle V.

canadensis.

IV.				V.			
Länge. mm.	Differ. mm.	W.-I.	E. mm.	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-I.	E. mm.
0.13	—	—	0.13	0.14	—	—	0.14
0.02	—	—	0.15	—	—	(0.10)	—
—	—	(0.1)	—	0.05	0.01	0.20	0.19
0.05	0.01	0.2	0.20	—	—	(0.08)	—
—	—	—	—	0.06	0.01	0.17	0.25
0.06	—	—	0.26	—	—	(0.07)	—
—	—	—	—	0.07	0.01	0.14	0.32
0.06	—	—	0.32	—	—	(0.06)	—
—	—	(0.08)	—	0.08	0.01	0.12	0.40
0.06	0.01	0.17	0.38	—	—	(0.05)	—
—	—	(0.07)	—	0.09	0.01	0.11	0.49
0.07	0.01	0.14	0.45	0.05	—	—	0.54
—	—	(0.06)	—	0.05	0.01	0.20	0.59
0.08	0.01	0.12	0.53	0.06	0.01	0.17	0.65
—	—	—	—	0.07	—	—	0.72
0.09	—	—	0.62	0.07	0.02	0.29	0.79
—	—	(0.05)	—	0.09	—	—	0.88
0.09	0.01	0.11	0.71	0.09	0.03	0.33	0.97
—	—	(0.05)	—	0.12	0.01	0.08	1.09
0.10	0.01	0.10	0.81	0.13	0.05	0.39	1.22
—	—	(0.13)	—	0.18	0.28	1.6	1.40
0.11	0.03	0.27	0.92	0.46	1.67	3.6	1.86
0.06	0.02	0.33	0.98	2.13	2.87	1.3	3.99
0.08	0.02	0.25	1.06	5.0	2.2	0.44	9.0
0.10	0.01	0.10	1.16	7.2	0.5	0.07	16.2
0.11	0.03	0.27	1.27	7.7	—	—	23.9
0.14	0.04	0.29	1.41	7.7	1.0	0.13	31.6
0.18	0.03	0.17	1.59	8.7	—	—	40.3
0.21	0.06	0.29	1.80	8.7	1.8	0.21	49.0
0.27	0.06	0.22	2.07	10.5	—	—	59.5
0.33	0.10	0.30	2.40	9.2	2.3	0.25	68.7
0.43	0.15	0.33	2.83	11.5	—	—	80.2
0.58	0.20	0.34	3.41	9.0	—	—	89.2
0.78	0.05	0.06	4.19				
0.83	—	—	5.02				
0.73	0.40	0.55	5.75				
1.13	0.27	0.24	6.88				
1.40	0.15	0.11	8.28				
1.55	0.12	0.08	9.83				
1.67	0.06	0.04	11.50				
1.73	0.17	0.10	13.23				
1.9	—	—	15.1				
1.9	0.3	0.16	17.0				
2.2	—	—	19.2				
2.2	0.5	0.23	21.4				
2.7	0.3	0.11	24.1				
3.0	—	—	27.1				
3.0	0.2	0.07	30.1				
3.2	—	—	33.3				

Ta –

Elodea canadensis.

Glied.	I. Läng. mm.	I. Diff. mm.	I. W.-I.	I. E. mm.	II. Läng. mm.	II. Diff. mm.	II. W.-I.	II. E. mm.	III. Läng. mm.	III. Diff. mm.	III. W.-I.	III. E mm.
S.	0.14	—	—	0.14	0.14	—	—	0.14	0.13	—	—	0.13
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0.05	0.01	0.20	0.19	0.05	0.01	0.20	0.19	0.05	—	—	0.18
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	0.06	0.01	0.17	0.25	0.06	—	—	0.25	0.05	0.01	0.20	0.23
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	0.07	—	—	0 32	0.06	0.01	0.17	0.31	0.06	0.01	0.17	0.29
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	0.06	0.01	0.17	0.38	0.07	—	—	0.38	0.07	—	—	0.36
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	0.07	0.01	0.14	0.45	0.07	0.01	0.14	0.45	0.07	—	—	0.43
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	0.08	—	—	0.53	0.08	0.01	0.12	0.53	0.07	—	—	0·50
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	0.08	0.01	0.12	0.61	0.09	0.02	0.22	0.62	0.07	0.01	0.14	0.57
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	0.09	0.01	0.11	0.70	0.11	0.05	0.45	0.73	0.08	—	—	0.65
17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	0.10	0.02	0.20	0.80	0.16	0.15	0.94	0.89	0.07	0.01	0.14	0.72
19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	0.12	0.02	0.17	0.92	0.31	0.81	2.61	1.20	0.08	0.04	0.50	0.80
21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	0.14	0.02	0.14	1.06	1.12	1.11	0.99	2.32	0.12	0.03	0.25	0.92
23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24	0.16	0.05	0.31	1.22	2.23	0.67	0.30	4.55	0.15	0.05	0.33	1.07
25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26	0.21	0.08	0.38	1.43	2.9	0.9	0.31	7.5	0.20	0.7	0.35	1.27
27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	0.29	0.08	0.28	1.72	3.8	—	—	11.3	0.27	0.14	0.52	1.54
29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	0.37	0.22	0.60	2.09	3.7	—	—	15.0	0.41	0.26	0.63	1.95
31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	0.59	0.61	1.03	2.68	—	—	—	—	0.67	0 69	1.03	2.62
33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
34	1.20	0.80	0.67	3.88	—	—	—	—	1.36	1.	0.74	3.98
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36	2.0	1.0	0.50	5.9	—	—	—	—	2.37	0.79	0.33	6.35
37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
38	3.0	1.1	0.36	8.9	—	—	—	—	3.16	0.44	0.14	9.51
39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	4.1	0.6	0.15	13.0	—	—	—	—	3.6	1.1	0.31	13.1
41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
42	4.7	1.2	0.25	17.7	—	—	—	—	4.7	0.7	0.15	17.8
43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
44	5.9	0.5	0.08	23.6	—	—	—	—	5.4	1.6	0.30	23.2
45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
46	6.4	—	—	30.0	—	—	—	—	7.0	0.4	0.06	30.2
47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
48	6.2	—	—	36.2	—	—	—	—	7.4	—	—	37.6

belle VI.

Länge von je 2 Stengelgliedern.

IV.				V.			
Länge. mm.	Differ. mm.	W.-I.	E. mm.	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-I.	E. mm.
0.13	—	—	0.13	0.14	—	—	0.14
0.02	—	—	0.15	0.05	0.01	0.20	0.19
0.05	0.01	0.20	0.20	0.06	0.01	0.17	0.25
0.06	—	—	0.26	0.07	0.01	0.14	0.32
0.06	—	—	0.32	0.08	0.01	0.12	0.40
0.06	0.01	0.17	0.38	0.09	0.01	0.11	0.49
0.07	0.01	0.14	0.45	0.10	0.03	0.30	0.59
0.08	0.01	0.12	0.53	0.13	0.03	0.24	0.72
0.09	—	—	0.62	0.16	0.05	0.31	0.88
0.09	0.01	0.11	0.71	0.21	0.10	0.48	1.09
0.10	0.01	0.10	0.81	0.31	2.28	7.03	1.40
0.11	0.03	0.27	0.92	2.59	9.61	3.71	3.99
0.14	0.07	0.50	1.06	12.2	3.2	0.26	16.2
0.21	0.11	0.52	1.27	15.4	2.0	0.13	31.6
0.32	0.16	0.50	1.59	17.4			
0.48	0.28	0.58	2.07				
0.76	0.60	0.79	2.83				
1.36	0.20	0.15	4.19				
1.56	0.97	0.62	5.75				
2.53	0.69	0.27	8.28				
3.22	0.41	0.13	11.50				
3.63	0.47	0.13	15.1				
4.1	0.8	0.20	19.2				
4.9	1.1	0.22	24.1				
6.0	0.4	0.07	30.1				

Tabelle VII.

Hippuris vulgaris.

Glied.	I. Länge. mm.	I. Differ. mm.	I. W.-I.	I. Entfern. v. Sch. mm.	II. Länge. mm.	II. Differ. mm.	II. W.-I.	II. Entfernung v. Sch. mm.
S.	0.08	—	—	0.08	0.08		—	0.08
1	0.03	—	—	0.11	0.033	—	—	0.013
2	0.03	—	—	0.14	0.033	—	—	0.146
3	0.03	—	—	0.17	0.033	—	—	0.179
4	0.03	0.01	0.33	0.20	0.033	0.003	0.10	0.212
5	0.04	—	—	0.24	0.036	—	—	0.248
6	0.04	—	—	0.28	0.036	0.04	0.11	0.28
7	0.04	—	—	0.32	0.04	0.01	0.25	0.32
8	0.04	0.01	0.25	0.36	0.05	0.01	0.20	0.37
9	0.05	0.01	0.20	0.41	0.06	0.03	0.50	0.43
10	0.06	0.02	0.33	0.47	0.09	0.05	0.55	0.52
11	0.08	0.03	0.38	0.55	0.14	0.13	0.93	0.66
12	0.11	0.06	0.55	0.66	0.27	0.35	1.3	0.93
13	0.17	0.08	0.47	0.83	0.62	0.61	0.98	1.55
14	0.25	0.17	0.68	1.08	1.23	0.77	0.63	2.78
15	0.42	0.35	0.83	1.50	2.0	0.4	0.20	4.8
16	0.77	0.28	0.36	2.27	2.4	0.2	0.08	7.2
17	1.05	0.32	0.30	3.32	2.6	0.6	0.23	9.8
18	1.37	0.43	0.31	4.69	3.2	0.7	0.22	13.0
19	1.8	0.5	0.28	6.5	3.9	0.6	0.15	16.9
20	2.3	0.6	0.26	8.8	4.5	—	—	21.4
21	2.9	0.3	0.10	11.7	4.5	0.5	0.11	25.9
22	3.2	0.3	0.09	14.9	5.0	0.5	0.10	30.9
23	3.5	—	—	18.4	5.5	—	—	36.4
24	3.5	0.5	0.14	21.9	5.5	0.5	0.09	41.9
25	4.0	—	—	25.9	6.0	—	—	47.9
26	4.0	0.5	0.12	29.9	6.0	0.5	0.08	53.9
27	4.5	0.5	0.11	34.4	6.5	0.5	0.08	60.4
28	5.0	—	—	39.4	7.0	1.0	0.14	67.4
29	5.0	0.5	0.10	44.4	8.0	0.5	0.06	75.4
30	5.5	—	—	49.9	8.5	—	—	83.9
31	5.5	0.5	0.09	55.4				
32	6.0	—	—	61.4				
33	6.0	0.5	0.08	67.4				
34	6.5	0.5	0.08	73.9				
35	7.0	0.5	0.07	80.9				
36	7.5	0.5	0.07	88.4				
37	8.0	—	—	96.4				
38	8.0	—	—	—				

Glied.	III.				IV.			
	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-I.	Entfern. v. Sch. mm.	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-I.	Entfern. v. Sch. mm.
S.	0.13			0.13	0.11			0.11
1	0.028	—		0.158	0.028	0.02	0.07	0.138
2	0.028	—		0.186			(0.05)	
3	0.028	0.005	0.18	0.214	0.061	0.06	0.10	0.199
4	0.033	0.003	0.09	0.247			(0.04)	
5	0.036	—	—	0.283	0.067	0.05	0.08	0.266
6	0.036	0.003	0.08	0.319			(0.07)	
7	0.039	—	—	0.358	0.072	0.011	0.15	0.338
8	0.039	0.003	0.08	0.397			(0.22)	
9	0.042	0.008	0.19	0.439	0.083	0.037	0.44	0.421
10	0.050	0.011	0.22	0.489	0.056	0.008	0.14	0.477
11	0.061	0.006	0.10	0.550	0.064	0.011	0.17	0.541
12	0.067	0.016	0.24	0.617	0.075	0.008	0.11	0.616
13	0.083	0.007	0.08	0.700	0.083	0.017	0.20	0.700
14	0.090	0.032	0.36	0.790	0.10	0.03	0.30	0.80
15	0.122	0.034	0.28	0.912	0.13	0.04	0.31	0.93
16	0.156	0.024	0.15	1.068	0.17	0.04	0.24	1.10
17	0.18	0.04	0.22	1.248	0.21	0.06	0.29	1.31
18	0.22	0.06	0.27	1.47	0.27	0.08	0.30	1.58
19	0.28	0.09	0.32	1.75	0.35	0.08	0.23	1.93
20	0.37	0.13	0.35	2.12	0.43	0.17	0.40	2.36
21	0.50	0.15	0.30	2.62	0.60	0.15	0.25	2.96
22	0.65	0.28	0.43	3 27	0.75	0.38	0.51	3.71
23	0.93	0.30	0.32	4.20	1.13	0.37	0.33	4.84
24	1.23	0.52	0.42	5.43	1.50	0.48	0.32	6.34
25	1.75	0.45	0.26	7.18	1.98	0.37	0.19	8.32
26	2.2	0.5	0.23	9.4	2.35	0.35	0.15	10.67
27	2.7	0.4	0.15	12.1	2.7	0.2	0.08	13.4
28	3.1	0.7	0.23	15.2	2.9	0.4	0.14	16.3
29	3.8	0.7	0.16	19.0	3.3	0.5	0.15	19.6
30	4.5	0.5	0.11	23.5	3.8	0.4	0.11	23.4
31	5.0	1.0	0.20	28.5	4.2	—	—	27.6
32	6.0	1.0	0.17	34.5	4.2	0.3	0.07	31.8
33	7.0	0.5	0.07	41.5	4.5	0.2	0.04	36.3
34	7.5	1.5	0.20	49.0	4.7	1.0	0.21	41.0
35	9.0	—	—	58.0	5.7	0.5	0.09	46.7
36	9.0	0.5	0.17	67.0	6.2	0.5	0.08	52.9
37	10.5	—	—	77.5	6.7	0.8	0.12	59.6
38					7.5	1.2	0.16	67.1
39					8.7	1.8	0.21	75.8
40					10.5	0.5	0.05	86.3
41					11.0	—	—	97.3

Glied.	V.				VI.			
	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-I.	Entfern. v. Sch. mm.	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-I.	Entfern. v. Sch. mm.
S.	0.10			0.10	0.08			0.08
1			(0.10)		0.031			0.111
2	0.056	0.011	0.20	0.156			(0.05)	
3			(0.08)		0.061	0.006	0.10	0.172
4	0.067	0.011	0.16	0.223			(0.12)	
5			(0.03)		0.067	0.016	0.24	0.239
6	0.078	0.005	0.06	0.301			(0.16)	
7			(0.05)		0.083	0.027	0.33	0.322
8	0.083	0.008	0.10	0.384	0.050	0.011	0.20	0.372
9	0.044	0.003	0.07	0.428	0.061	0.03	0.50	0.433
10	0.047	0.009	0.19	0.475	0.090	0.07	0.78	0.523
11	0.056	0.011	0.20	0.531	0.16	0.15	0.94	0.683
12	0.067	0.005	0.07	0.598	0.31	0.37	1.2	0.993
13	0.072	0.011	0.15	0.670	0.78	0.55	0.71	1.773
14	0.083	0.028	0.34	0.753	1.33	0.47	0.35	3.10
15	0.111	0.033	0.30	0.864	1.80	0.45	0.25	4.90
16	0.144	0.036	0.25	1.01	2.25	0.45	0.20	7.35
17	0.18	0.03	0.17	1.19	2.7	0.3	0.11	9.85
18	0.21	0.06	0.29	1.40	3.0	0.1	0.03	12.85
19	0.27	0.07	0.26	1.67	3.1	0.1	0.03	15.95
20	0.34	0.13	0.28	2.01	3.2	—	—	19.1
21	0.47	0.15	0.32	2.48	3.2	—	—	22.3
22	0.62	0.28	0.45	3.10	3.2	—	—	25.5
23	0.90	0.27	0.30	4.00	3.2	0.3	0.09	28.7
24	1.17	0.40	0.34	5.17	3.5	0.5	0.04	32.2
25	1.57	0.33	0.21	6.74	4.0	—	—	36.2
26	1.9	0.4	0.21	8.6	3.7	0.5	0.14	39.9
27	2.3	0.5	0.22	10.9	4.2	0.5	0.12	44.1
28	2.8	0.6	0.21	13.7	4.7	0.5	0.11	48.8
29	3.4	0.2	0.06	17.1	5.2	0.3	0.06	54.0
30	3.6	0.4	0.11	20.7	5.5	0.2	0.04	59.5
31	4.0	0.5	0.12	24.7	5.7	0.3	0.05	65.2
32	4.5	0.2	0.04	29.2	6.0	0.2	0.03	71.2
33	4.7	—	—	33.9	6.2	0.8	0.13	77.4
34	4.7	—	—	38.6	7.0	1.0	0.14	84.4
35	4.7	0.3	0.06	43.3	8.0	—	—	92.4
36	5.0	0.2	0.04	48.3				
37	5.2	0.8	0.15	53.5				
38	6.0	1.0	0.17	59.5				
39	7.0	0.2	0.03	66.5				
40	7.2	0.3	0.04	73.7				
41	7.5	0.7	0.09	81.2				
42	8.2	—	—	89.4				

Glied.	VII.				VIII.			
	Länge mm.	Differ. mm.	W.-I.	Entfern. v. Sch. mm.	Länge mm.	Differ. mm.	W.-I.	Entfern. v. Sch. mm.
S.	0.12			0.12	0.12			0.12
1			(0.02)				(0.03)	
2	0.064	0.003	0.05	0.184	0.067	0.005	0.07	0.187
3			(0.02)				(0.04)	
4	0.067	0.003	0.04	0.251	0.072	0.006	0.08	0.259
5			(0.14)				(0.03)	
6	0.070	0.020	0.29	0.321	0.078	0.005	0.06	0.337
7			(0.12)				(0.05)	
8	0.090	0.022	0.24	0.411	0.083	0.009	0.11	0.420
9	0.056	—	—	0.467	—		(0.17)	
10	0.056	0.019	0.34	0.523	0.092	0.031	0.34	0.512
11	0.075	0.019	0.25	0.598	0.056	0.011	0.20	0.568
12	0.094	0.034	0.36	0.692	0.067	—	—	0.635
13	0.128	0.052	0.41	0.820	0.067	0.005	0.07	0.702
14	0.18	0.05	0.28	1.00	0.072	0.022	0.31	0.774
15	0.23	0.09	0.39	1.23	0.094	0.012	0.13	0.868
16	0.32	0.16	0.50	1.55	0.106	0.016	0.15	0.974
17	0.48	0.22	0.46	2.03	0.122	0.011	0.09	1.096
18	0.70	0.32	0.46	2.73	0.133	0.011	0.08	1.229
19	1.02	0.43	0.42	3.75	0.144	0.034	0.24	1.373
20	1.45	0.30	0.23	5.20	0.178	0.016	0.09	1.551
21	1.75	0.45	0.26	6.95	0.194	0.056	0.29	1.74
22	2.2	0.7	0.32	9.1	0.25	0.04	0.16	1.99
23	2.9	0.4	0.14	12.0	0.29	0.08	0.28	2.28
24	3.3	0.9	0.27	15.3	0.37	0.11	0.30	2.65
25	4.2	0.3	0.07	19.5	0.48	0.10	0.21	3.13
26	4.5	0.2	0.04	24.0	0.58	0.22	0.38	3.71
27	4.7	—	—	28.7	0.8	0.2	0.25	4.51
28	4.7	0.3	0.06	33.4	1.0	0.3	0.30	5.51
29	5.0	0.7	0.14	38.4	1.3	0.4	0.31	6.8
30	5.7	0.8	0.14	44.1	1.7	0.6	0.35	8.5
31	6.5	0.7	0.11	50.6	2.3	1.2	0.52	10.8
32	7.2	1.8	0.25	57.8	3.5	1.0	0.29	14.3
33	9.0	2.7	0.30	66.8	4.5	1.3	0.29	18.8
34	11.7	—	—	78.5	5.8	1.2	0.21	24.6
35					7.0	0.2	0.03	31.6
36					7.2	—	—	38.8
37					6.7	1.8	0.27	45.5
38					8.5	1.2	0.14	54.0
39					9.7	2.8	0.29	63.7
40					12.5	—	—	76.2

Tabelle VIII.

Hippuris vulgaris je 2 Glieder.

Glied.	I. Länge. mm.	I. Differ. mm.	I. W.-I.	I. Entfern. v. Sch. mm.	II. Länge. mm.	II. Differ. mm.	II. W.-I.	II. Entfern. v. Sch. mm.
S.	0.08	—	—	0.08	0.08	—	—	0.08
1	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0.06	—	—	0.14	0.07	—	—	0.15
3	—	—	—	—	—	—	—	—
4	0.06	0.02	0.33	0.20	0.07	—	—	0.22
5	—	—	—	—	—	—	—	—
6	0.08	—	—	0.28	0.07	0.02	0.28	0.29
7	—	—	—	—	—	—	—	—
8	0.08	0.03	0.37	0.36	0.09	0.06	0.66	0.38
9	—	—	—	—	—	—	—	—
10	0.11	0.08	0.73	0.47	0.15	0.26	1.73	0.53
11	—	—	—	—	—	—	—	—
12	0.19	0.23	1.21	0.66	0.41	1.44	3.51	0.94
13	—	—	—	—	—	—	—	—
14	0.42	0.77	1.83	1.08	1.85	2.55	1.38	2.79
15	—	—	—	—	—	—	—	—
16	1.19	1.23	1.03	2.27	4.4	1.4	0.32	7.2
17	—	—	—	—	—	—	—	—
18	2.42	1.68	0.69	4.69	5.8	2.6	0.45	13.0
19	—	—	—	—	—	—	—	—
20	4.1	2.0	0.49	8.79	8.4	1.1	0.13	21.4
21	—	—	—	—	—	—	—	—
22	6.1	0.9	0.15	14.9	9.5	1.5	0.16	30.9
23	—	—	—	—	—	—	—	—
24	7.0	1.0	0.14	21.9	11.0	1.0	0.09	41.9
25	—	—	—	—	—	—	—	—
26	8.0	1.5	0.19	29.9	12.0	1.5	0.12	53.9
27	—	—	—	—	—	—	—	—
28	9.5	1.0	0.11	39.4	13.5	3.0	0.22	67.4
29	—	—	—	—	—	—	—	—
30	10.5	1.0	0.10	49.9	16.5	—	—	83.9
31	—	—	—	—	—	—	—	—
32	11.5	1.0	0.09	61.4	—	—	—	—
33	—	—	—	—	—	—	—	—
34	12.5	2.0	0.16	73.9	—	—	—	—
35	—	—	—	—	—	—	—	—
36	14.5	1.5	0.10	88.4	—	—	—	—
37	—	—	—	—	—	—	—	—
38	16.0	—	—	104.4	—	—	—	—

Glied.	III. Länge. mm.	Differ. mm.	W.-I.	Entfern. v. Sch. mm.	IV. Länge. mm.	Differ. mm.	W.-I.	Entfern. v. Sch. mm.
S.	0.13	—	—	0.13	0.11	—	—	0.11
1	—	—	—	—	0.028	—	—	0.138
2	0.056	0.04	0.07	0.186	—	—	—	—
3	—	—	—	—	0.06	0.01	0.17	0.20
4	0.06	0.01	0.17	0.25	—	—	—	—
5	—	—	—	—	0.07	—	—	0.27
6	0.07	0.01	0.14	0.32	—	—	—	—
7	—	—	—	—	0.07	0.01	0.14	0.34
8	0.08	0.01	0.12	0.40	—	—	—	—
9	—	—	—	—	0.08	0.04	0.50	0.42
10	0.09	0.04	0.44	0.49	—	—	—	—
11	—	—	—	—	0.12	0.04	0.33	0.54
12	0.13	0.04	0.31	0.62	—	—	—	—
13	—	—	—	—	0.16	0.07	0.44	0.70
14	0.17	0.11	0.65	0.79	—	—	—	—
15	—	—	—	—	0.23	0.15	0.61	0.93
16	0.28	0.12	0.43	1.07	—	—	—	—
17	—	—	—	—	0.38	0.24	0.63	1.31
18	0.40	0.25	0.62	1.47	—	—	—	—
19	—	—	—	—	0.62	0.41	0.66	1.93
20	0.65	0.50	0.77	2.12	—	—	—	—
21	—	—	—	—	1.03	0.85	0.82	2.96
22	1.15	1.01	0.89	3.27	—	—	—	—
23	—	—	—	—	1.88	1.60	0.85	4.84
24	2.16	1.79	0.83	5.43	—	—	—	—
25	—	—	—	—	3.48	1.57	0.45	8.32
26	3.95	1.85	0.47	9.38	—	—	—	—
27	—	—	—	—	5.05	1.15	0.23	13.37
28	5.8	2.5	0.43	15.2	—	—	—	—
29	—	—	—	—	6.2	1.8	0.29	19.57
30	8.3	2.7	0.33	23.5	—	—	—	—
31	—	—	—	—	8.0	0.7	0.09	27.57
32	11.0	3.5	0.32	34.5	—	—	—	—
33	—	—	—	—	8.7	1.7	0.20	36.3
34	14.5	3.5	0.24	49.0	—	—	—	—
35	—	—	—	—	10.4	2.5	0.24	46.7
36	18.0	—	—	67.0	—	—	—	—
37	—	—	—	—	12.9	3.3	0.26	59.6
38	—	—	—	—	—	—	—	—
39	—	—	—	—	16.2	5.3	0.33	75.8
40	—	—	—	—	—	—	—	—
41	—	—	—	—	21.5	—	—	97.3

Glied.	V. Länge. mm.	V. Differ. mm.	V. W.-I.	V. Entfern. v. Sch. mm.	VI. Länge. mm.	VI. Differ. mm.	VI. W.-I.	VI. Entfern. v. Sch. mm.
S.	0.10	—	—	0.10	0.08	—	—	0.08
1	—	—	—	—	0.03	—	—	0.11
2	0.056	0.011	0.20	0.156	—	—	—	—
3	—	—	—	—	0.06	0.01	0.17	0.17
4	0.067	0.011	0.16	0.223	—	—	—	—
5	—	—	—	—	0.07	0.01	0.14	0.24
6	0.078	0.005	0.06	0.301	—	—	—	—
7	—	—	—	—	0.08	0.03	0.37	0.32
8	0.083	0.007	0.08	0.384	—	—	—	—
9	—	—	—	—	0.11	0.14	1.27	0.43
10	0.09	0.03	0.33	0.48	—	—	—	—
11	—	—	—	—	0.25	0.84	3.36	0.68
12	0.12	0.03	0.25	0.60	—	—	—	—
13	—	—	—	—	1.09	2.04	1.87	1.77
14	0.15	0.10	0.66	0.75	—	—	—	—
15	—	—	—	—	3.13	1.82	0.58	4.90
16	0.25	0.14	0.56	1.00	—	—	—	—
17	—	—	—	—	4.95	1.15	0.24	9.85
18	0.39	0.22	0.56	1.40	—	—	—	—
19	—	—	—	—	6.1	0.3	0.05	15.95
20	0.61	0.48	0.79	2.01	—	—	—	—
21	—	—	—	—	6.4	—	—	22.3
22	1.09	0.98	0.90	3.10	—	—	—	—
23	—	—	—	—	6.4	1.1	0.17	28.7
24	2.07	1.40	0.68	5.17	—	—	—	—
25	—	—	—	—	7.5	0.4	0.05	36.2
26	3.47	1.63	0.47	8.64	—	—	—	—
27	—	—	—	—	7.9	2.0	0.25	44.1
28	5.10	2.0	0.39	13.74	—	—	—	—
29	—	—	—	—	9.9	1.3	0.13	54.0
30	7.10	1.4	0.20	20.74	—	—	—	—
31	—	—	—	—	11.2	1.0	0.09	65.2
32	8.5	0.9	0.11	29.2	—	—	—	—
33	—	—	—	—	12.2	2.8	0.23	77.4
34	9.4	0.3	0.03	38.6	—	—	—	—
35	—	—	—	—	15.0	—	—	92.4
36	9.7	1.5	0.16	48.3	—	—	—	—
37	—	—	—	—	—	—	—	—
38	11.2	3.0	0.27	59.5	—	—	—	—
39	—	—	—	—	—	—	—	—
40	14.2	1.5	0.11	73.7	—	—	—	—
41	—	—	—	—	—	—	—	—
42	15.7	—	—	89.4	—	—	—	—

Glied.	VII. Länge. mm.	Differ. mm.	W.-I.	Entfern. v. Sch. mm.	VIII. Länge. mm.	Differ. mm.	W.-I.	Entfern. v. Sch. mm.
S.	0.12	—	—	0.12	0.12	—	—	0.12
1	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0.06	0.01	0.17	0.18	0.07	—	—	0.19
3	—	—	—	—	—	—	—	—
4	0.07	—	—	0.25	0.07	0.01	0.14	0.26
5	—	—	—	—	—	—	—	—
6	0.07	0.02	0.29	0.32	0.08	—	—	0.34
7	—	—	—	—	—	—	—	—
8	0.09	0.02	0.22	0.41	0.08	0.01	0.12	0.42
9	—	—	—	—	—	—	—	—
10	0.11	0.06	0.55	0.52	0.09	0.03	0.33	0.51
11	—	—	—	—	—	—	—	—
12	0.17	0.14	0.82	0.69	0.12	0.02	0.17	0.63
13	—	—	—	—	—	—	—	—
14	0.31	0.24	0.77	1.00	0.14	0.06	0.43	0.77
15	—	—	—	—	—	—	—	—
16	0.55	0.63	1.15	1.55	0.20	0.05	0.25	0.97
17	—	—	—	—	—	—	—	—
18	1.18	1.29	1.09	2.73	0.25	0.07	0.28	1.23
19	—	—	—	—	—	—	—	—
20	2.47	1.48	0.60	5.20	0.32	0.12	0.37	1.55
21	—	—	—	—	—	—	—	—
22	3.95	2.25	0.57	9.1	0.44	0.22	0.50	1.99
23	—	—	—	—	—	—	—	—
24	6.2	2.5	0.40	15.3	0.66	0.40	0.61	2.65
25	—	—	—	—	—	—	—	—
26	8.7	0.7	0.08	24.0	1.06	0.74	0.70	3.71
27	—	—	—	—	—	—	—	—
28	9.4	1.3	0.14	33.4	1.8	1.2	0.67	5.51
29	—	—	—	—	—	—	—	—
30	10.7	3.0	0.29	44.1	3.0	2.8	0.93	8.5
31	—	—	—	—	—	—	—	—
32	13.7	7.0	0.51	57.8	5.8	4.5	0.76	14.3
33	—	—	—	—	—	—	—	—
34	20.7	—	—	78.5	10.3	3.9	0.38	24.6
35	—	—	—	—	—	—	—	—
36	—	—	—	—	14.2	1.0	0.07	38.8
37	—	—	—	—	—	—	—	—
38	—	—	—	—	15.2	7.0	0.46	54.0
39	—	—	—	—	—	—	—	—
40	—	—	—	—	22.2	—	—	76.2

Tabelle IX.

Myriophyllum verticillatum.

Glied.	I. Länge. mm.	I. Differ. mm.	I. W.-Int.	I. Entfern. v. Sch. mm.	II. Länge. mm.	II. Differ. mm.	II. W.-Int.	II. Entfern. v. Sch. mm.
S.	0.083	—	—	0.08	0.083	—	—	0.08
1	0.033	—	—	0.11	0.050	—	—	0.13
2	0.033	0.012	0.36	0.14	0.042	0.011	0.26	0.17
3	0.045	0.005	0.11	0.19	0.053	0.005	0.09	0.22
4	0.050	0.017	0.34	0.24	0.058	0.009	0.16	0.28
5	0.067	0.016	0.24	0.31	0.067	0.016	0.24	0.35
6	0.083	0.025	0.30	0.39	0.083	0.017	0.20	0.43
7	0.108	0.042	0.39	0.50	0.10	0.02	0.20	0.53
8	0.15	0.05	0.33	0.65	0.12	0.02	0.17	0.65
9	0.20	0.09	0.45	0.85	0.14	0.06	0.43	0.79
10	0.29	0.18	0.62	1.14	0.20	0.07	0.35	0.99
11	0.47	0.30	0.64	1.61	0.27	0.11	0.41	1.26
12	0.77	0.70	0.91	2.38	0.38	0.24	0.63	1.64
13	1.47	1.33	0.90	3.85	0.62	0.38	0.61	2.26
14	2.8	0.7	0.25	6.65	1.00	0.82	0.82	3.26
15	3.5	1.0	0.29	10.15	1.82	0.98	0.54	5.08
16	4.5	0.5	0.11	14.65	2.8	1.3	0.46	7.88
17	5.0	1.0	0.20	19.65	4.1	1.1	0.27	11.98
18	6.0	1.2	0.20	25.65	5.2	0.8	0.15	17.18
19	7.2	2.3	0.32	32.85	6.0	2.2	0.37	23.18
20	9.5	—	—	42.35	8.2	1.5	0.18	31.38
21	9.5	2.0	0.21	51.85	9.7	0.3	0.03	41.08
22	11.5	2.0	0.17	63.35	10.0	2.0	0.20	51.08
23	13.5	—	—	76.85	12.0	0.5	0.04	63.08
24	12.5	2.5	0.20	89.35	12.5	0.5	0.04	75.58
25	15.0	1.5	0.10	104.35	13.0	—	—	88.58
26	16.5	—	—	120.8	12.5	—	—	—
27	—	—	—	—	—	—	—	—
28	—	—	—	—	—	—	—	—

Glied.	III.				IV.			
	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-Int.	Entfern. v. Sch. mm.	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-Int.	Entfern. v. Sch. mm.
S.	0.083	—	—	0.08	0.07	—	—	0.07
1	0.042	0.008	0.19	0.12	—	—	(0.10)	—
2	—	—	(0.08)	—	0.083	0.017	0.20	0.15
3	0.100	0.017	0.17	0.22	0.050	—	—	0.20
4	0.050	0.017	0.34	0.27	0.050	0.017	0.34	0.25
5	0.067	0.016	0.24	0.34	0.067	0.016	0.24	0.32
6	0.083	0.017	0.20	0.42	0.083	0.017	0.20	0.40
7	0.100	0.025	0.25	0.52	0.100	0.033	0.33	0.50
8	0.125	0.045	0.36	0.64	0.133	0.067	0.50	0.63
9	0.17	0.05	0.29	0.81	0.20	0.08	0.40	0.83
10	0.22	0.09	0.41	1.03	0.28	0.14	0.50	1.11
11	0.31	0.14	0.45	1.34	0.42	0.25	0.60	1.53
12	0.45	0.35	0.78	1.79	0.67	0.45	0.67	2.20
13	0.80	0.70	0.87	2.59	1.12	0.88	0.79	3.32
14	1.5	1.1	0.73	4.1	2.0	1.3	0.65	5.32
15	2.6	1.1	0.42	6.7	3.3	1.9	0.58	8.6
16	3.7	1.5	0.41	10.4	5.2	1.5	0.29	13.8
17	5.2	0.8	0.15	15.6	6.7	2.3	0.34	20.5
18	6.0	1.5	0.25	21.6	9.0	0.7	0.08	29.5
19	7.5	0.5	0.07	29.1	9.7	0.8	0.08	39.2
20	8.0	0.5	0.06	37.1	10.5	3.0	0.29	49.7
21	8.5	1.0	0.12	45.6	13.5	0.5	0.04	63.2
22	9.5	1.0	0.11	55.1	14.0	1.5	0.11	77.2
23	10.5	1.5	0.14	65.6	15.5	3.0	0.19	92.7
24	12.0	1.5	0.12	77.6	18.5	—	—	111.2
25	13.5	0.5	0.04	91.1	—	—	—	—
26	14.0		—	105.1	—	—	—	—
27	13.5	—	—	—	—	—	—	—

Glied.	V. Länge. mm.	V. Differ. mm.	V. W.-Int.	V. Entfern. v. Sch. mm.	VI. Länge. mm.	VI. Differ. mm.	VI. W.-Int.	VI. Entfern. v. Sch. mm.
S.	0.092	—	—	0.09	0.108	—	—	0.11
1	—	—	—	—	—	—	(0.07)	—
2	—	—	—	—	0.083	0.012	0.14	0.19
3	0.150	—	—	0.24	—	—	(0.29)	—
4	—	—	(0.25)	—	0.095	0.055	0.58	0.28
5	0.117	0.058	0.50	0.36	0.067	0.016	0.24	0.35
6	—	—	(0.38)	—	0.083	0.017	0.20	0.43
7	0.175	0.133	0.76	0.54	0.100	0.017	0.17	0.53
8	0.133	0.042	0.32	0.67	0.117	0.025	0.21	0.65
9	0.175	0.095	0.54	0.84	0.142	0.033	0.23	0.79
10	0.27	0.16	0.59	1.11	0.175	0.067	0.38	0.96
11	0.43	0.34	0.79	1.54	0.242	0.058	0.24	1.20
12	0.77	1.08	1.40	2.31	0.300	0.117	0.39	1.50
13	1.85	1.65	0.89	4.16	0.417	0.150	0.36	1.92
14	3.5	2.1	0.60	7.6	0.567	0.233	0.41	2.49
15	5.6	1.1	0.20	13.2	0.80	0.33	0.41	3.29
16	6.7	2.5	0.37	19.9	1.13	0.57	0.50	4.42
17	9.2	1.3	0.14	29.1	1.7	1.3	0.76	6.12
18	10.5	2.5	0.24	39.6	3.0	0.7	0.23	9.12
19	13.0	0.5	0.04	52.6	3.7	1.4	0.38	12.8
20	13.5	1.5	0.11	66.2	5.1	0.9	0.18	17.9
21	15.0	1.0	0.07	81.2	6.0	1.0	0.17	23.9
22	16.0	1.0	0.06	97.2	7.0	2.5	0.36	30.9
23	17.0	—	—	114.2	9.5	3.5	0.37	40.4
24	—	—	—	—	13.0	1.5	0.12	53.4
25	—	—	—	—	14.5	3.5	0.24	67.9
26	—	—	—	—	18.0	—	—	85.9

Glied.	VII.				VIII.			
	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-Int.	Entfern. v. Sch. mm.	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-Int.	Entfern. v. Sch. mm.
S.	0.070	—	—	0.07	0.095	—	—	0.09
1	—	—	(0.21)	—	—	—	(0.12)	—
2	0.083	0.035	0.42	0.15	0.087	0.021	0.24	0.18
3	—	—	(0.06)	—	—	—	(0.22)	—
4	0.118	0.015	0.13	0.27	0.108	0.046	0.43	0.29
5	0.058	0.017	0.29	0.33	0.067	0.020	0.30	0.36
6	0.075	0.017	0.23	0.41	0.087	0.021	0.24	0.45
7	0.092	0.017	0.30	0.50	0.108	0.025	0.23	0.56
8	0.12	0.028	0.33	0.62	0.133	0.042	0.32	0.69
9	0.16	0.04	0.25	0.78	0.175	0.050	0.29	0.86
10	0.20	0.04	0.20	0.98	0.225	0.085	0.38	1.09
11	0.24	0.09	0.37	1.22	0.31	0.11	0.35	1.40
12	0.33	0.14	0.42	1.55	0.42	0.20	0.48	1.82
13	0.47	0.21	0.45	2.02	0.62	0.28	0.45	2.44
14	0.68	0.27	0.40	2.70	0.90	0.40	0.44	3.34
15	0.95	0.70	0.74	3.65	1.30	0.90	0.69	4.64
16	1.65	0.72	0.44	5.30	2.20	0.75	0.34	6.84
17	2.37	1.33	0.56	7.67	2.95	0.85	0.29	9.79
18	3.7	1.0	0.27	11.37	3.8	0.8	0.21	13.6
19	4.7	1.1	0.23	16.1	4.6	1.7	0.37	18.2
20	5.8	1.7	0.29	21.9	6.3	1.4	0.22	24.5
21	7.5	3.5	0.47	29.4	7.7	0.3	0.04	32.2
22	11.0	0.2	0.02	40.4	8.0	1.0	0.12	40.2
23	11.2	1.3	0.12	51.6	9.0	1.5	0.17	49.2
24	12.5	0.5	0.04	64.1	10.5	2.0	0.19	59.7
25	13.0	3.5	0.27	77.1	12.5	0.7	0.06	72.2
26	16.5	1.5	0.09	93.6	13.2	1.8	0.14	85.4
27	18.0	2.0	0.11	111.5	15.0	4.0	0.27	100.4
28	20.0	—	—	131.5	19.0	1.5	0.08	119.4

Tabelle X.

Myriophyllum verticillatum je 2 Stengelglieder.

Glied.	I.				II.			
	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-I.	Entfernung v. Sch. mm.	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-I.	Entfern. v. Sch. mm.
S.	0.083	—	—	0.083	0.083	—	—	0.08
1	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0.066	0.029	0.44	0.15	0.092	0.019	0.21	0.17
3	—	—	—	—	—	—	—	—
4	0.095	0.055	0.58	0.24	0.111	0.039	0.35	0.28
5	—	—	—	—	—	—	—	—
6	0.150	0.108	0.72	0.39	0.15	0.07	0.47	0.43
7	—	—	—	—	—	—	—	—
8	0.258	0.132	0.51	0.65	0.22	0.12	0.55	0.65
9	—	—	—	—	—	—	—	—
10	0.49	0.75	1.53	1.14	0.34	0.31	0.91	0.99
11	—	—	—	—	—	—	—	—
12	1.24	3.03	2.44	2.38	0.65	0.97	1.49	1.64
13	—	—	—	—	—	—	—	—
14	4.27	3.73	0.87	6.65	1.62	3.00	1.85	3.26
15	—	—	—	—	—	—	—	—
16	8.0	3.0	0.38	14.65	4.62	4.68	1.01	7.88
17	—	—	—	—	—	—	—	—
18	11.0	5.7	0.52	25.7	9.3	4.9	0.53	17.18
19	—	—	—	—	—	—	—	—
20	16.7	4.3	0.26	42.4	14.2	5.5	0.39	31.38
21	—	—	—	—	—	—	—	—
22	21.0	5.0	0.24	63.4	19.7	4.8	0.24	51.1
23	—	—	—	—	—	—	—	—
24	26.0	5.5	0.21	89.4	24.5	1.0	0.04	75.6
25	—	—	—	—	—	—	—	—
26	31.5	—	—	120.9	25.5	—	—	—

Glied.	III.				IV.			
	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-I.	Entfernung v. Sch. mm.	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-I.	Entfern. v. Sch. mm.
S.	0.083	—	—	0.08	0.070	—	—	0.07
1	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0.092	0.018	0.20	0.17	0.083	0.017	0.20	0.15
3	—	—	—	—	—	—	—	—
4	0.100	0.050	0.50	0.27	0.100	0.050	0.50	0.25
5	—	—	—	—	—	—	—	—
6	0.150	0.075	0.50	0.42	0.150	0.083	0.55	0.40
7	—	—	—	—	—	—	—	—
8	0.225	0.165	0.73	0.64	0.233	0.247	1.06	0.63
9	—	—	—	—	—	—	—	—
10	0.39	0.57	1.46	1.03	0.48	0.61	1.27	1.11
11	—	—	—	—	—	—	—	—
12	0.76	1.54	2.03	1.79	1.09	2.03	1.86	2.20
13	—	—	—	—	—	—	—	—
14	2.30	4.0	1.74	4.09	3.12	5.38	1.72	5.32
15	—	—	—	—	—	—	—	—
16	6.3	4.9	0.78	10.4	8.5	7.2	0.85	13.8
17	—	—	—	—	—	—	—	—
18	11.2	4.3	0.38	21.6	15.7	4.5	0.29	29.5
19	—	—	—	—	—	—	—	—
20	15.5	2.5	0.16	37.1	20.2	7.3	0.36	49.7
21	—	—	—	—	—	—	—	—
22	18.0	4.5	0.25	55.1	27.5	6.5	0.24	77.2
23	—	—	—	—	—	—	—	—
24	22.5	5.0	0.22	77.6	34.0	—	—	111.2
25	—	—	—	—	—	—	—	—
26	27.5	—	—	105.1	—	—	—	—

Glied.	V.				VI.			
	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-I.	Entfernung v. Sch. mm.	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-I.	Entf. v. Sch. mm.
S.	0.092	—	—	0.09	0.108	—	—	0.11
1	0.050	—	—	0.14	—	—	—	—
2	—	—	—	—	0.083	0.012	0.14	0.19
3	0.100	0.017	0.17	0.24	—	—	—	—
4	—	—	—	—	0.095	0.055	0.58	0.28
5	0.117	0.058	0.50	0.36	—	—	—	—
6	—	—	—	—	0.15	0.07	0.47	0.43
7	0.175	0.133	0.76	0.53	—	—	—	—
8	—	—	—	—	0.22	0.10	0.45	0.65
9	0.308	0.392	1.27	0.84	—	—	—	—
10	—	—	—	—	0.32	0.22	0.69	0.97
11	0.70	1.92	2.74	1.54	—	—	—	—
12	—	—	—	—	0.54	0.44	0.81	1.51
13	2.62	6.48	2.47	4.16	—	—	—	—
14	—	—	—	—	0.98	0.95	0.97	2.49
15	9.1	6.8	0.75	13.26	—	—	—	—
16	—	—	—	—	1.93	2.77	1.44	4.42
17	15.9	7.6	0.48	29.2	—	—	—	—
18	—	—	—	—	4.7	4.1	0.87	9.12
19	23.5	5.0	0.21	52.7	—	—	—	—
20	—	—	—	—	8.8	4.2	0.48	17.92
21	28.5	4.5	0.16	81.2	—	—	—	—
22	—	—	—	—	13.0	9.5	0.73	30.92
23	33.0	—	—	114.2	—	—	—	—
24	—	—	—	—	22.5	10.0	0.44	53.42
25	—	—	—	—	—	—	—	—
26	—	—	—	—	32.5	—	—	85.9

Glied.	III.				IV.			
	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-I.	Entfernung v. Sch. mm.	Länge. mm.	Differ. mm.	W.-I.	Entfern. v. Sch. mm.
S.	0.070	—	—	0.07	0.095	—	—	0.09
1	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0.083	0.035	0.42	0.15	0.087	0.021	0.24	0.18
3	—	—	—	—	—	—	—	—
4	0.118	0.012	0.10	0.27	0.108	0.046	0.43	0.29
5	—	—	—	—	—	—	—	—
6	0.13	0.09	0.69	0.40	0.154	0.086	0.56	0.44
7	—	—	—	—		—	—	—
8	0.22	0.14	0.64	0.62	0.24	0.16	0.67	0.68
9	—	—	—	—	—	—	—	—
10	0.36	0.21	0.58	0.98	0.40	0.33	0.82	1.08
11	—	—	—	—	—	—	—	—
12	0.57	0.58	1.02	1.55	0.73	0.79	1.08	1.81
13	—	—	—	—	—	—	—	—
14	1.15	1.45	1.26	2.70	1.52	1.98	1.30	3.33
15	—	—	—	—	—	—	—	—
16	2.60	3.47	1.33	5.30	3.50	3.25	0.93	6.83
17	—	—	—	—	—	—	—	—
18	6.07	4.43	0.73	11.37	6.75	4.15	0.61	13.58
19	—	—	—	—	—	—	—	—
20	10.5	8.0	0.76	21.9	10.9	4.8	0.44	24.5
21	—	—	—	—	—	—	—	—
22	18.5	5.2	0.28	40.4	15.7	3.8	0.24	40.2
23	—	—	—	—	—	—	—	—
24	23.7	5.8	0.24	64.1	19.5	6.2	0.32	59.7
25	—	—	—	—	—	—	—	—
26	29.5	8.5	0.29	93.6	25.7	8.3	0.32	85.4
27	38.0	—	—	131.6	34.0	—	—	119.4

Tabelle XI.

Hippuris vulgaris, ältere Stengelglieder, Länge in mm.

Glied.[1])	I.	II.
1	2.0	2.0
2	2.2	2.2
3	2.2	2.5
4	2.7	3.0
5	2.7	3.0
6	3 2	3.2
7	3.5	3.2
8	3.5	3.7
9	3.7	4.2
10	4.2	4.2
11	4.5	4.5
12	5.2	4.7
13	5.2	4.7
14	5.5	4.7
15	6 0	4.7
16	6.5	5.2
17	6.5	5.0
18	6.7	5.7
19	7.2	5.7
20	7.7	5.7
21	8.5	6.7
22	8.7	7.0
23	10.5	7.5
24	11.5	7.2
25	12.7	7.2
26	14.2	8.2
27	14.7	8.5
28	14.7	9.7
29	13.7	12.2
30	16.2	13.7
31	16.0	14.0
32	14.0	14.7
33	12.0	14.5
34	15.5	15.0
35	16.7	17.0
36	—	16.7
37	—	11.7
38	—	11.0
39	—	15.5
40	—	13.0

I.				II.			
Glied.	Länge.	Diff.	W.-Int.	Glied.	Länge.	Diff.	W.-Int.
1—5	11.8	6.3	0.53	1—5	12.7	5.8	0.47
6—10	18.1	8.3	0.46	6—10	18.5	4.8	0.26
11—15	26.4	8.2	0.31	11—15	23.3	4.0	0.17
16—20	34.6	17.3	0.50	16—20	27.3	8.3	0.30
21—25	51.9	21.6	0.42	21—25	35.6	16.7	0.47
26—30	73.5	0.7	0.01	26—30	52.3	22.9	0.44
31—35	74.2	—	—	31—35	75.2	—	—
				36—40	67.9	—	—

[1]) Von oben gezählt.

Man sieht, dass das Wachsthum dieser älteren Glieder in sehr unregelmässiger Weise stattfindet; eine Zunahme der Länge mit fortschreitendem Alter ist aber doch unverkennbar. Vergleicht man die Summen der Längen von je 5 Gliedern mit einander, so ergibt sich bei I auch eine ziemlich regelmässige Abnahme der Wachsthumsintensität mit dem Alter. Jedenfalls hat bei *Hippuris* die wachsthumsfähige Region eine Länge von 20—30 cm.

Alle drei Pflanzenarten, deren Gliedlängen in den obigen Tabellen aufgezeichnet sind, zeigen in der Vertheilung der Wachsthumsintensität zwar eine im Grossen und Ganzen regelmässige Anordnung, insofern, als ein langsames Ansteigen derselben, wenn man sich vom Scheitel der Pflanze entfernt, dem dann bei weiterer Entfernung ein allmähliches Herabsinken folgt, deutlich hervortritt. Wenn man aber die einem einzelnen Gliede zukommende Wachsthumsintensität in's Auge fasst, so findet man von einem zum andern grosse und unregelmässige Schwankungen in der Grösse derselben. Diese Unregelmässigkeiten können bei den allerjüngsten Internodien durch Ungenauigkeiten der Messung veranlasst sein, da hier zu den bei *Nitella* erwähnten Ursachen derselben noch die Schwierigkeit der genauen Bestimmung der oberen Insertionsstelle sehr junger Blätter hinzukommt. Sie finden sich aber auch bei älteren Gliedern, deren Länge mit hinreichender Genauigkeit gemessen werden kann, und sie nehmen, wie aus den Zahlen der Tabelle 11 für *Hippuris* hervorgeht, mit fortschreitendem Alter immer mehr zu. Diese Unregelmässigkeiten in der Vertheilung der Wachsthumsintensität müssen also in der That ihren Grund in Unregelmässigkeiten des Wachsthums der einzelnen Glieder haben. Ein Glied einer der drei von uns hier besprochenen Arten muss demnach, wenn es ein gewisses Alter erreicht hat, bald schneller, bald langsamer, zeitweise wohl auch gar nicht wachsen. Diese Schwankungen im Verlauf des Wachsthums scheinen aber bei jedem Gliede unabhängig von denen benachbarter Glieder stattzufinden. Daher mag es kommen, dass man für die Vertheilung der Wachsthumsintensität am Stamm einen regelmässigeren Verlauf bekommt, wenn man zu deren Berechnung nicht die Länge eines Gliedes, sondern die Summe

der Längen je zweier zu Grunde legt und den Zuwachs entsprechend auf die Bildungszeit von je zwei Gliedern bezieht. Ich habe für jede der drei genannten Pflanzen auch eine Tabelle gegeben, wo immer die Summe der Längen je zweier Glieder angeführt ist, dann die Differenz der Längen jedes solchen Paares, und die daraus berechnete Wachsthumsintensität. Da hierbei immer die Zeit der Anlage von je zwei Gliedern zu Grunde gelegt wird, diese aber ungefähr das Doppelte der Zeit beträgt, die zur Anlage eines erforderlich ist, so muss auch die zugehörige Wachsthumsintensität ungefähr doppelt so gross sein, wie die aus der Differenz der Längen einzelner Glieder berechnete.

Bei unseren Messungen von phanerogamen Stämmen wurde immer Blattknoten + Internodium zusammen gemessen; beide zusammen bilden eben das Stengelglied. Da aber der Verlauf der grossen Periode des Wachsthums für beide offenbar sehr verschieden ist, indem das Längenwachsthum des Blattknotens sehr früh erlischt, lange bevor das Internodium eine erhebliche Länge erreicht hat, so können die Zahlen, die wir durch Zusammenwerfen beider für die Wachsthumsintensität des Stengelgliedes erhalten haben, kein durchweg getreues Bild der grossen Periode des Internodiums (im strengen Sinne) geben. Dies gilt besonders für die jüngsten Stengelglieder, d. h. für den Anfang der grossen Periode des Internodiums; während für etwas spätere Zustände, wo die Länge des Blattknotens gegen die des Internodiums nicht in's Gewicht fällt und vernachlässigt werden kann, die grosse Periode des Wachsthums für Stengelglied und Internodium nahe zusammenfällt [1]). Ich hebe dies hier besonders hervor, weil man ohne Berücksichtigung dieses Umstandes sich leicht eine falsche Vorstellung von der Grösse der Wachsthumsintensität am Scheitel der Pflanze bildet. Da nämlich die Wachsthumsintensität der jüngsten Stengelglieder bei *Elodea*, *Myriophyllum* und *Hippuris*, wie auch in manchen andern Fällen verhältnissmässig gering ist, so könnte man meinen,

[1]) Es steht natürlich nichts im Wege für solche Pflanzen, an denen sich die untere Grenze des Blattknotens genau bestimmen lässt, nach unserer Methode auch den Verlauf der grossen Periode für Blattknoten und Internodium gesondert zu erhalten, wie dies für das letztere bei *Nitella* von uns ausgeführt worden ist.

dass auch die Wachsthumsintensität desjenigen Theiles des Stammes, der über dem jüngsten Blattwirtel bis zur Spitze liegt, ebenso klein oder noch kleiner sei. Dem ist aber nicht so. Wir wollen diesen Theil des Stammes, der über dem jüngsten Blattwirtel liegt und dessen Länge wir in den Tabellen bei S. angegeben haben, als Stammscheitel bezeichnen. Der Längenzuwachs, den der Stammscheitel während eines Plastochrons erfährt, ist gleich der Länge eines eben angelegten Stengelgliedes. Wir erhalten demnach die Wachsthumsintensität des Stammscheitels, indem wir mit der Länge desselben in die Länge des ersten Gliedes dividiren. Die Zahlen, die man nun auf diese Weise für die Wachsthumsintensität des Stammscheitels erhält, sind beträchtlich grösser, als die für diejenige der jüngeren Stengelglieder der Pflanze [1]). Ich erkläre mir diese Thatsache eben aus dem abweichenden Verlauf der Wachsthumsperiode für Internodium und Blattknoten.

Eine unmittelbare Folge davon ist, dass die Stengelglieder verhältnissmässig rasch nach einander angelegt werden, ihre Länge aber dann eine Zeit lang fast stationär bleibt, oder nur ganz wenig zunimmt, bis erst weit später wieder ein beträchtliches Längenwachsthum derselben folgt [2]). Ich habe diesen nicht unwichtigen Punkt nur im Vorbeigehen berührt, weil ich das mir vorliegende Material nicht für ganz ausreichend halte, um die Frage über die Wachsthumsintensität des Stammscheitels vollständig aufzuklären. Ich behalte mir vor, auf diesen Gegenstand nach weiteren Untersuchungen nochmals zurückzukommen.

Wenn wir die obigen Tabellen näher in's Auge fassen, so finden wir, dass, abgesehen von den Unregelmässigkeiten in der Grösse der Wachsthumsintensität der Glieder einer und derselben Pflanze, die Vertheilung der Intensität bei verschiedenen Individuen auch in ihrer allgemeinen Anordnuug wesentliche Verschiedenheiten erkennen lässt. Bei einigen sehen wir, dass die Stengelglieder von der Spitze ab lang-

[1]) Natürlich will ich damit nicht sagen, dass der Stammscheitel eine gleichmässige Wachsthumsintensität besitzt; ich halte es vielmehr für wahrscheinlich, dass diese nach der Scheitelspitze hin abnimmt und am obersten Punkte des Scheitels am geringsten ist.

[2]) Vgl. Hofmeister, Handb. d. phys. Bot. I. Bd. 2. Abth. S. 421.

sam an Länge zunehmen, während bei andern deren Länge von einer gewissen Grösse ab viel rascher zunimmt. Dem entsprechend finden wir auch, dass das Maximum der Wachsthumsintensität im letzteren Fall absolut grösser ist und der Spitze des Stammes näher liegt, als im ersten Fall.

Bei *Elodea canadensis* gehören zur ersten Categorie die Exemplare I, III und IV, zu der zweiten II und V. So beträgt die Länge des von oben gezählt 30. Stengelgliedes bei I. 0,20 mm., bei III. 0,23 mm., bei IV. 0,33 mm., dagegen bei II. 1,7 mm., bei V. 9,2 mm.

Das Maximum der Wachsthumsintensität hat folgende Grösse und Lage:

	Max. d. W.-I.	Entf. v. Scheitelp.
I.	1.0	2.09 — 2.68,
III.	1.03	1.95 — 2.62,
IV.	0.79	2.07 — 2.83,
II.	2.61	0.89 — 1.20,
V.	7.03	1.09 — 1.40.

Aehnliches finden wir bei *Hippuris*. Hier bilden III., IV., V. und VIII. eine Gruppe, I., II., VI. und VII. die andere. Die Länge des 20. Stengelgliedes beträgt bei III. 0.37 mm., bei IV. 0.43 mm., bei V. 0.34 mm., bei VIII. 0.18 mm., dagegen bei I. 2.3 mm., bei II. 4.5 mm., bei VI. 3.2 mm., bei VII. 1.45 mm.

Die Lage und Grösse des Maximums der Wachsthumsintensität ist folgende:

	Max. d. W.-I.	Entf. v. Scheitelp.
III.	0.89	2.2 — 3.27 mm.,
IV.	0.85	1.93 — 2.96 „
V.	0.90	2.01 — 3.10 „
VIII.	0.93	5.51 — 8.5 „
I.	1.83	0.66 — 1.08 „
II.	3.51	0.53 — 0.94 „
VI.	3.36	0.43 — 0.68 „
VII.	1.15	1.00 — 1.55 „

Die Vertheilung der Wachsthumsintensität zeigt bei den verschiedenen Exemplaren von *Myriophyllum* eine etwas grössere Uebereinstimmung, wie sich aus nachfolgender Tabelle ergibt, wo wir die Längen der Stengelglieder unmittelbar unter einander gestellt haben, doch findet man auch hier bei I., II., III., IV. und V. ein etwas rascheres Ansteigen der Länge als bei VI., VII. und VIII.

Tabelle XII.

Myriophyllum verticillatum, Länge der Glieder in mm.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
I.	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.11	0.15	0.20	0.29	0.47	0.77	1.47
II.	0.05	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.12	0.14	0.20	0.27	0.38	0.62
III.	0.04	0.05	0.05	0.05	0.07	0.08	0.10	0.12	0.17	0.22	0.31	0.45	0.80
IV.	0.04	0.04	0.05	0.05	0.07	0.08	0.10	0.13	0.20	0.28	0.42	0.67	1.12
V.	0.05	0.05	6.05	0.06	0.06	0.08	0.09	0.13	0.17	0.27	0.43	0.77	1.85
VI.	0.04	0.04	0.05	0.05	0.07	0.08	0.10	0.12	0.14	0.17	0.24	0.30	0.42
VII.	0.04	0.04	0.06	0.06	0.06	0.08	0.09	0.12	0.16	0.20	0.24	0.33	0.47
VIII.	00.4	0.05	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.17	0.22	0.31	0.42	0.62

	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.
I.	2.8	3.5	4.5	5.0	6.0	7.2	9.5	9.5	11.5	13.5	12.5	15.0	16.5
II.	1.0	1.8	2.8	4.1	5.2	6.0	8.2	9.7	10.0	12.0	12.5	13.0	12.5
III.	1.5	2.6	3.7	5.2	6.0	7.5	8.0	8.5	9.5	10.5	12.0	13.5	14.0
IV.	2.0	3.3	5.2	6.7	9.0	9.7	10.5	13.5	14.0	15.5	18.5	—	—
V.	3.5	5.6	6.7	9.2	10.5	13.0	13.5	15.0	16.0	17.0	—	—	—
VI.	0.57	0.80	1.1	1.7	3.0	3.7	5.1	6.0	7.0	9.5	13.0	14.5	18.0
VII.	0.68	0.95	1.65	2.4	3.7	4.7	5.8	7.5	11.0	11.2	12.5	13.0	16.5
VIII.	0.90	1.3	2.2	2.9	3.8	4.6	6.3	7.7	8.0	9.0	10.5	12.5	13.2

Ueber Grösse und Lage des Maximums der Wachsthumsintensität gibt folgende kleine Tabelle Auskunft:

	Max. d. W.-I.	Entf. v. Scheitelp.	
I.	0.91	1.61 — 2.38 mm.,	ebenso 2.38 — 3.85 mm.
II.	0.82	2.26 — 3.26 „	
III.	0.87	1.79 — 2.59 „	
IV.	0.79	2.20 — 3.32 „	
V.	1.40	1.54 — 2.31 „	
VI.	0.76	4.42 — 6.12 „	
VII.	0.74	2.70 — 3.65 „	
VIII.	0.69	3.34 — 4.64 „	

Diese charakteristischen Unterschiede in der Vertheilung der Wachsthumsintensität können eine doppelte Ursache haben. Sie können veranlasst sein durch die Variabilität einzelner Individuen in Bezug auf diese Vertheilung, oder sie können durch äussere Einwirkungen bedingt sein. Wir werden in der That weiterhin einen Fall kennen lernen, wo durch abnorme äussere Einflüsse der Längenzuwachs der jüngeren Stengelglieder im Verhältniss zu dem der älteren stark beeinträchtigt wird, wodurch dann eine abnorme Vertheilung der Wachsthumsintensität bewirkt wird. Um die Grenzen der individuellen Variation in Bezug auf die Vertheilung der Wachsthumsintensität festzustellen, müsste man Messungen der Stengelglieder einer grösseren Anzahl von Pflanzen, die unter möglichst denselben äusseren Bedingungen erwachsen sind, ausführen. Es wäre dabei auch nothwendig, sich zu vergewissern, dass die Pflanzen, die man untersuchen will, sich in ganz gesundem und kräftigem Zustande befinden. Dies geschieht am besten dadurch, dass man, ehe man an die Bestimmung der Länge der Stengelglieder geht, erst das Gesammtlängenwachsthum des Stammes einige Tage hindurch beobachtet.

Von den, diesem Aufsatz beigefügten Curvenzeichnungen beziehen sich mehrere auf die eben behandelten Pflanzen. Fig. 14 gibt eine Darstellung der grossen Periode eines Stengelgliedes von *Myriophyllum verticillatum* (II. der Tab. IX). Die zehnfachen Längen der aufeinander folgenden Glieder sind jeweils in einer Entfernung von 10 mm., die also einem Plastochron entspricht, als Ordinaten aufgetragen.

Fig. 6 und 7 sind eine graphische Darstellung der Vertheilung der Wachsthumsintensität im Stamm von *Myriophyllum verticillatum* (nach I. und II. von Tab. IX). Als Abscissen sind die Stengelglieder in zehnfach vergrössertem Maassstab unten gezeichnet und darauf die zugehörige Wachsthumsintensität mit 10 multiplicirt in mm. als Ordinate aufgetragen. (Vergl. die Erläuterung zu Fig. 1.)

Bei Fig. 8 sind unten die Längen von je zwei Gliedern (in 10f. Maassstab) markirt, und darauf als Ordinate die Hälfte der Wachsthumsintensität, wie sie sich aus der Differenz jedes solchen Paares ergibt, mit 10 multiplicirt, in mm. als Ordinate aufgetragen (nach V von Tab. X).

Fig. 9 und 10 stellen die Vertheilung der Wachsthumsintensität von *Hippuris vulgaris* und *Elodea canadensis* dar; sie sind ganz in demselben Maassstab gezeichnet wie Fig. 6 und 7.

Aristolochia Sipho.

(Siehe Tabelle XIII folgende Seite.)

Der Stamm von *Aristolochia Sipho* zeichnet sich dadurch aus, dass sein Längenwachsthum auf wenige Stengelglieder beschränkt ist. Da diese selbst aber eine beträchtliche Länge erreichen, so hat die Region des Stammes, innerhalb deren Längenwachsthum stattfindet, ebenfalls eine beträchtliche Länge (etwa 40 bis 50 cm). Aehnlich verhalten sich die meisten Schlingpflanzen. Die mitgetheilten Messungsresultate ergeben eine ziemlich regelmässig verlaufende Aenderung in der Wachsthumsintensität bei der einzelnen Pflanze, sowie eine befriedigende Uebereinstimmung in der Vertheilung derselben bei verschiedenen Individuen. Da die Stengelglieder an der Stelle des Stammes, wo im Durchschnitt die grösste Wachsthumsintensität sich findet, bereits ziemlich lang sind, so kann es nicht überraschen, dass die Lage des Stengelgliedes mit der stärksten Wachsthumsintensität bei verschiedenen Exemplaren ziemlich verschieden ist, wie sich aus nachfolgender Tabelle ergibt.

	Max. d. W.-Int.	Entf. v. Scheitelp.
I.	2.92	11.5 — 35.5 mm.
II.	7.2	1.4 — 4.2 „
III.	3.0	4.6 — 12.1 „
IV.	2.96	20.6 — 73.0 „
V.	4.38	5.5 — 20.0 „
VI.	3.65	12.2 — 46.0 „
VII.	3.65	13.8 — 44.0 „
VIII.	4.71	5.4 — 19.4 „
IX.	3.00	11.1 — 36.0 „

Wenn man von II absieht, ist die höchste Lage des Stengelglieds mit dem Maximum der Wachsthumsintensität = 4.6 — 12.1 mm., die niederste 20.6 — 73.0 mm. Zwischen 12.1 und 20.6 mm. vom

Tabelle XIII.

Aristolochia Sipho[1]).

Glied.	I. Läng. mm.	I. Diff. mm.	I. W.-I.	I. E. mm.	II. Läng. mm.	II. Diff. mm.	II. W.-I.	II. E. mm.	III. Läng. mm.	III. Diff. mm.	III. W.-I.	III. E. mm.
S.	0.03	—	—	0.03	0.05	—	—	0.05	0.03	—	—	0.03
1	0.10	0.07	0.70	0.13	0.07	0.08	1.14	0.12	0.12	0.03	0.25	0.15
2	0.17	0.20	1.18	0.30	0.15	0.18	1.20	0.27	0.15	0.33	2.20	0.30
3	0.37	0.46	1.24	0.67	0.33	0.47	1.44	0.60	0.48	0.44	0.92	0.78
4	0.83	1.67	2.01	1.50	0.80	2.0	2.5	1.4	0.92	1.98	2.15	1.70
5	2.5	5.0	2.00	4.0	2.8	20.2	7.2	4.2	2.9	4.6	1.59	4.6
6	7.5	16.5	2.20	11.5	23.0	115.0	5.0	27.2	7.5	22.5	3.00	12.1
7	24.0	70.0	2.92	35.5	138.0	96.0	0.7	165.0	30.0	89.0	2.96	42.0
8	94.0	126.0	1.34	129.5	234.0	24.0	0.1	399.0	119.0	89.0	0.75	161.0
9	220.0	45.0	0.20	349.0	258.0	—	—	—	208.0	14.0	0.07	369.0
10	265.0	45.0	0.17	614.0	—	—	—	—	222.0	—	—	59.1
11	310.0	—	—	—	—	—	—	—	184.0	—	—	—

Glied.	IV. Läng. mm.	IV. Diff. mm.	IV. W.-I.	IV. E. mm.	V. Läng. mm.	V. Diff. mm.	V. W.-I.	V. E. mm.	VI. Läng. mm.	VI. Diff. mm.	VI. W.-I.	VI. E. mm.
S.	0.0	—	—	—	0.03	—	—	0.03	0.03	—	—	0.03
1	0.07	0.03	0.43	0.07	0.08	0.09	1.12	0.11	0.10	0.08	0.80	0.13
2	0.10	0.07	0.7	0.17	0.17	0.16	0.94	0.28	0.18	0.27	1.50	0.31
3	0.17	0.41	2.41	0.34	0.33	0.89	2.70	0.61	0.45	0.52	1.16	0.76
4	0.58	0.92	1.59	0.92	1.22	2.48	2.03	1.83	0.97	1.43	1.47	1.73
5	1.5	2.7	1.80	2.42	3.7	10.8	2.92	5.53	2.4	5.7	2.37	4.13
6	4.2	9.8	2.33	6.6	14.5	63.5	4.38	20.0	8.1	25.9	3.26	12.2
7	14.0	38.0	2.71	20.6	78.0	99.0	1.27	98.0	34.0	124.0	3.65	46.0
8	52.0	154.0	2.96	73.0	177.0	34.0	0.19	275.0	158.0	74.0	0.47	204.0
9	206.0	96.0	0.47	279.0	211.0	21.0	0.10	486.0	232.0	11.0	0.05	436.0
10	302.0	—	—	581.0	232.0	—	—	—	243.0	7.0	0.03	679.0
11	285.0	—	—	—	—	—	—	—	250.0	—	—	—

Glied.	VII. Läng. mm.	VII. Diff. mm.	VII. W.-I.	VII. E. mm.	VIII. Läng. mm.	VIII. Diff. mm.	VIII. W.-I.	VIII. E. mm.	IX. Läng. mm.	IX. Diff. mm.	IX. W.-I.	IX. E. mm.
S.	0.05	—	—	0.05	0.02	—	—	0.02	0.03	—	—	0.03
1	0.10	0.13	1.30	0.15	0.10	0.03	0.30	0.12	0.08	0.10	1.25	0.11
2	0.23	0.42	1.86	0.38	0.13	0.25	1.92	0.25	0.18	0.37	2.06	0.29
3	0.65	0.43	0.66	1.03	0.38	1.12	2.95	0.63	0.55	0.45	0.82	0.74
4	1.08	2.42	2.24	2.11	1.50	1.75	1.17	2.13	1.00	1.35	1.35	1.74
5	3.5	4.7	1.34	5.6	3.25	10.75	3.00	5.4	2.35	4.65	1.98	4.1
6	8.2	21.8	2.66	13.8	14.0	66.0	4.71	19.4	7.0	18.0	2.57	11.1
7	30.0	108.0	3.6	44.0	80.0	23.0	0.29	99.0	25.0	75.0	3.00	36.0
8	138.0	154.0	1.12	182.0	103.0	145.0	1.41	202.0	100.0	106.0	1.06	186.0
9	292.0	—	—	474.0	248.0	—	—	470.0	206.0	—	—	342.0
10	271.0	—	—	—	—	—	—	—	192.0	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

[1]) Ich untersuchte Sprossen der Pflanze aus dem bot. Garten in Heidelberg im Anfang Juli 1877.

Scheitel liegt also der Mittelpunkt für das Glied mit der grössten Wachsthumsintensität.

Ich habe die Länge der erwachsenen Stengelglieder bei einer Anzahl Sprossen von *Aristolochia Sipho* gemessen, zu einer Zeit, wo das Längenwachsthum derselben bereits vollständig erloschen war.

Die nachstehende Tabelle enthält das Resultat dieser Messungen:

Tabelle XIV.

Aristolochia Sipho.

Länge der erwachsenen Stengelglieder in mm. von unten nach oben gezählt.

Glied.	I.	Ast v. I. II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.
1	187	28	57	52	30	95	25	30	22	24	28
2	228	97	199	204	150	232	99	135	115	90	75
3	254	174	341	320	272	272	161	249	206	226	195
4	260	165	291	343	326	290	205	243	232	252	225
5	276	154	293	310	309	282	265	251	236	235	223
6	238	164	229	327	321	178	290	238	248	252	220
7	216	—	176	280	248	102	195	195	171	—	200
8	—	—	180	244	276	82	165	155	154	—	207
9	—	—	187	210	262	84	203	—	—	—	192
10	—	—	210	220	239	76	—	—	—	—	—
11	—	—	—	183	307	59	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	309	40	—	—	—	—	—
13	—	—	—	—	226	46	—	—	—	—	—
14	—	—	—	—	140	28	—	—	—	—	—
15	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—

Mit Ausnahme von I bezeichnet bei allen andern 1 das erste (basale) Stengelglied eines jeden Astes.

Man ersieht aus dieser Tabelle, dass ein jeder Ast mit kürzeren Stengelgliedern beginnt, wobei namentlich das unterste basale Stengelglied sich durch besondere Kürze auszeichnet. Dann folgen längere Stengelglieder, deren Länge ein Maximum erreicht, auf dem sie sich einige Zeit erhält, worauf sie weiter nach oben hin wieder abnimmt; früher oder später hört die Endknospe des Zweiges auf zu wachsen und vertrocknet. Bei VI. sieht man, dass die letztgebildeten Stengelglieder im erwachsenen Zustande oft sehr kurz sind; bei diesem Zweige hatte das Längenwachsthum längst aufgehört. Man erkennt,

dass, wenn man diesen Umstand nicht beachtet, man aus der Messung eines solchen Exemplars ganz falsche Schlüsse in Bezug auf die Vertheilung der Wachsthumsintensität ableiten könnte.

Fig. 15 der beigefügten Tafeln ist eine graphische Darstellung der grössen Periode eines Gliedes von *Aristolochia Sipho.* Dabei sind die Stengelglieder in natürlicher Grösse als Ordinaten aufgetragen.

Ta-

Galium

Glied.	I.				II.				III.			
	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.
S.	0.04	—	—	0.04	0.047	—	—	0.05	0.03	—	—	0.03
1	0.04	0.01	0.25	0.08	0.053	0.014	0.26	0.10	0.05	—	—	0.08
2	0.05	0.05	1.00	0.13	0.067	0.008	0.12	0.17	0.05	0.04	0.80	0.13
3	0.10	0.10	1.00	0.23	0.075	0.055	0.73	0.24	0.09	0.09	1.00	0.22
4	0.20	0.35	1.75	0.43	0.13	0.09	0.69	0.37	0.18	0.74	4.11	0.40
5	0.55	2.45	4.45	0.98	0.22	0.31	1.41	0.59	0.92	4.28	4.65	1.32
6	3.0	7.0	2.33	3.98	0.53	0.74	1.40	1.12	5.2	8.8	1.69	6.5
7	10.0	5.0	0.50	13.98	1.27	2.93	2.31	2.39	14.0	2.0	0.14	20.5
8	15.0	7.5	0.50	29.0	4.2	6.3	1.50	6.6	16.0	—	—	36.5
9	22.5	3.0	0.13	51.5	10.5	5.0	0.48	17.1	16.6	0.5	0.03	—
10	25.5	—	—	—	15.5	2.0	0.13	32.6	16.5	—	—	—
11	—	—	—	—	17.5	0.5	0.03	50.1	—	—	—	—
12	—	—	—	—	18.0	—	—	—	—	—	—	—
13	—	—	—	—	14.5	—	—	—	—	—	—	—

Glied.	IV.				V.				VI.			
	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.
S.	0.047	—	—	0.05	0.050	—	—	0.05	0.067	—	—	0.07
1	0.050	0.017	0.34	0.10	0.041	0.09	0.22	0.09	0.060	0.015	0.25	0.13
2	0.067	0.023	0.34	0.17	0.050	0.033	0.66	0.14	0.075	0.025	0.33	0.20
3	0.09	0.09	1.00	0.26	0.083	0.057	0.69	0.22	0.10	0.08	0.8	0.30
4	0.18	0.35	1.94	0.44	0.14	0.13	0.93	0.36	0.18	0.20	1.11	0.48
5	0.53	1.97	3.72	0.97	0.27	0.31	1.15	0.63	0.38	0.65	1.71	0.86
6	2.5	5.5	2.2	3.47	0.58	0.67	1.16	1.21	1.03	2.97	2.88	1.89
7	8.0	8.0	1.0	11.5	1.25	3.45	2.76	2.46	4.0	5.2	1.30	5.89
8	16.0	—	—	27.5	4.7	6.3	1.34	7.2	9.2	4.3	0.47	15.1
9	15.7	—	—	—	11.0	2.7	0.25	18.2	13.5	2.2	0.16	28.6
10	14.7	—	—	—	13.7	1.3	0.09	31.9	15.7	0.8	0.05	44.3
11	15.0	—	—	—	15.0	1.0	0.07	46.9	16.5	—	—	—
12	16.0	—	—	—	16.0	0.5	0.03	62.9	15.5	—	—	—
13	—	—	—	—	16.5	—	—	—	11.0	—	—	—

[1]) Ich untersuchte *Galium Mollugo* im Laufe des Monats October 1877.

Fig. 5 ist eine Darstellung der Vertheilung der Wachsthumsintensität im Stamme von *Aristolochia Sipho,* nach Tabelle 13, I., V. und VIII. Die Stengelglieder sind in natürlicher Grösse als Abscissen unten gezeichnet; in der Mitte eines jeden ist die zehnfache Wachsthumsintensität in mm. als Ordinate angesetzt.

---

belle XV.

Mollugo [1]).

Glied.	VII.				VIII.				IX.			
	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.
S	0.037	—	—	0.04	0.067	—	—	0.07	0.058	—	—	0.06
1	0.050	—	—	0.09	0.050	0.025	0.50	0.12	0.050	—	—	0.11
2	0.045	0.017	0.38	0.14	0.075	0.008	0.11	0.19	0.042	0.020	0.48	0.15
3	0.062	0.078	1.26	0.20	0.083	0.137	1.65	0.27	0.062	0.030	0.48	0.21
4	0.14	0.21	1.50	0.34	0.22	0.41	1.86	0.49	0.092	0.088	0.96	0.30
5	0.35	1.12	3.20	0.69	0.63	1.77	2.81	1.12	0.18	0.20	1.11	0.48
6	1.47	3.83	2.61	2.16	2.4	5.1	2.12	3.52	0.38	0.72	1.89	0.86
7	5.3	6.7	1.26	7.5	7.5	6.5	0.87	11.0	1.1	3.2	2.91	1.96
8	12.0	0.5	0.04	19.5	14.0	3.5	0.25	25.0	4.3	5.2	1.21	6.3
9	12.5	1.0	0.08	32.0	17.5	3.5	0.20	42.5	9.5	3.5	0.37	15.8
10	13.5	0.5	0.04	45.5	21.0	—	—	—	13.0	3.2	0.25	28.8
11	14.0	—	—	—	18.5	—	—	—	16.2	0.8	0.05	45.0
12	14.2	—	—	—	18.7	—	—	—	17.0	—	—	—
13	—	—	—	—	18.5	—	—	—	13.0	—	—	—
14	—	—	—	—	—	—	—	—	13.5	—	—	—

Glied.	X.				XI.				XII.			
	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.
S.	} —	—	—	—	0.050	—	—	0.05	0.067	—	—	0.07
1	} 0.070	—	—	0.07	0.050	0.008	0.16	0.10	0.050	—	—	0.12
2	0.050	0.017	0.34	0.12	0.058	0.020	0.34	0.16	0.050	0.017	0.34	0.17
3	0.067	0.053	0.79	0.19	0.078	0.092	1.18	0.24	0.067	0.033	0.49	0.24
4	0.12	0.11	0.92	0.31	0.17	0.15	0.88	0.41	0.10	0.05	0.50	0.34
5	0.23	0.65	2.83	0.54	0.32	0.58	1.81	0.73	0.15	0.15	1.00	0.49
6	0.88	3.02	3.55	1.42	0.90	2.10	2.33	1.63	0.30	0.22	0.73	0.79
7	3.9	6.6	1.69	5.32	3.0	5.7	1.9	4.63	0.52	1.18	2.27	1.3
8	10.5	3.7	0.35	15.8	8.7	4.0	0.46	13.3	1.7	6.5	3.82	3.0
9	14.2	—	—	30.0	12.7	2.5	0.20	26.0	8.2	12.3	1.50	11.2
10	14.2	—	—	—	15.2	2.8	0.18	41.2	20.5	2.5	0.12	31.7
11	14.5	—	—	—	18.0	—	—	59.2	23.0	—	—	54.7
12	14.5	—	—	—	14.0	—	—	—	22.0	—	—	—
13	14.2	—	—	—	—	—	—	—	22.7	—	—	—
14	—	—	—	—	—	—	—	—	28.0	—	—	—

Glied.	XIII.				XIV.				XV.			
	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.	Läng. mm.	Diff. mm.	W.-I.	E. mm.
S.	—	—	—	—	0.062	—	—	0.06	0.070	—	—	0.07
1	0.103	—	—	0.10	0.067	—	—	0.13	0.050	0.017	0.34	0.12
2	0.045	0.022	0.49	0.14	0.050	0.025	0.50	0.18	0.067	0.093	1.39	0.19
3	0.067	0.043	0.64	0.21	0.075	0.075	1.00	0.25	0.16	0.19	1.19	0.35
4	0.11	0.11	1.00	0.32	0.15	0.12	0.80	0.40	0.35	0.65	1.86	0.70
5	0.22	0.17	0.77	0.54	0.27	0.33	1.22	0.67	1.0	3.4	3.40	1.70
6	0.39	0.53	1.36	0.93	0.6	0.8	1.33	1.27	4.4	5.8	1.09	6.10
7	0.92	1.28	1.39	1.85	1.4	3.7	2.64	2.67	10.2	3.3	0.32	16.30
8	2.2	3.9	1.77	4.05	5.1	9.9	1.94	7.8	13.5	2.5	0.19	29.80
9	6.1	6.6	1.08	10.2	15.0	10.0	0.67	22.8	16.0	2.0	0.12	45.8
10	12.7	3.3	0.26	22.9	25.0	5.7	0.23	47.8	18.0	3.5	0.19	63.8
11	16.0	3.0	0.19	38.9	30.7	—	—	78.5	21.5	—	—	—
12	19.0	1.5	0.08	57.9	26.0	—	—	—	22.0	—	—	—
13	20.5	—	—	—	24.0	—	—	—	23.5	—	—	—
14	17.5	—	—	—	29.0	—	—	—	27.5	—	—	—

XII., XIII., XIV. und XV. waren kräftigere Sprossen.

Galium Mollugo ist in Bezug auf das Wachsthum der *Nitella flexilis* ähnlich. Das Längenwachsthum findet in etwa 8—10 Gliedern statt, in einem Theile des Stammes, der 20—40 mm lang ist[1]). Die Sprossen von *Galium Mollugo* zeigen in Bezug auf Länge und Durchmesser der Stengelglieder grosse Verschiedenheiten. Durchweg findet man, dass die Aeste kürzere und dünnere Stengelglieder besitzen, als der Hauptstamm; bei den an den Aesten stehenden Zweigen zweiter Ordnung sind die Stengelglieder wiederum schwächer als bei den Aesten. Man findet die kräftigsten Exemplare unter den Stämmen, die oben Blüthen tragen, während die mehr rasenartig wachsenden Triebe, die nach der Blüthezeit, also im Herbst und Winter allein vorhanden sind, übrigens auch zu jeder Zeit vorkommen, kürzere und dünnere Stengelglieder besitzen. Wir haben die Triebe der letzteren Art bei unseren Messungen benutzt; auch sie zeigen viele Abstufungen in Bezug auf Länge und Dicke der Glieder.

Wir geben hier noch einige Messungen erwachsener Stengelglieder einiger kräftiger Sprossen von *Galium Mollugo*.

---

[1]) Dies gilt nur für die untersuchten Exemplare. Bei sehr kräftigen Sprossen ist die wachsthumsfähige Region beträchtlich länger.

Tabelle XVI.

Tabelle über die Länge (in mm.) der erwachsenen Internodien von *Galium Mollugo*.

V. unten nach oben gez. Glied.	I.	Ast von I. II.	Ast von I. III.	IV.	Ast von IV. V.	VI.	VII.
1	50.0	b. 36.0	b. 25.0	55.0	b. 49.0	42.0	53.5
2	46.5	20.5	20.0	53.0	35.0	32.0	51.5
3	48.5	19.0	27.0	47.0	26.5	31.5	48.5
4	50.5	24.5	22.0	56.5	18.5	38.0	43.5
5	46.0	23.5	18.0	44.5	18.0	38.5	34.0
6	39.0	18.0	12.5	38.5	26.0	34.5	24.0
7	32.0	11.5	wächst weiter.	36.5	24.0	26.5	20.0
8	26.0	wächst weiter.		25.5	13.5	23.0	24.0
9	Weiteres von Insecten zerstört.			23.0	4.5	13.5	27.0
10				21.5	wächst weiter.	3.5	20.5
11				16.0		wächst weiter.	15.0
12				14.0			10.5
13				4.0			3.5
				wächst weiter, oberste Internodien schwächer.			wächst weiter.

Mit b. ist das basale Stengelglied bezeichnet.

Man erkennt aus dieser Tabelle, dass bei alten Sprossen die Länge der erwachsenen Glieder von unten nach oben abnimmt. Bei den Aesten sind die untersten Glieder die längsten; nach oben nimmt die Länge ab. Das basale, unterste Glied ist hier im Gegensatz zu *Aristolochia Sipho* das längste.[1])

Wenn wir die obige Tabelle 15 näher betrachten, so finden wir in den zahlreichen von uns untersuchten Exemplaren eine gewisse Uebereinstimmung in Bezug auf die Vertheilung der Wachsthumsintensität, daneben sehen wir aber auch hier ein bald rascheres bald langsameres Ansteigen der Länge der Stengelglieder und finden dem entsprechend für verschiedene Individuen in derselben Entfernung vom Scheitelpunkt ziemliche Abweichungen in der Grösse der Wachsthumsintensität.

Dies geht noch deutlicher aus nachfolgender Tabelle über die Länge der Glieder der von uns gemessenen Exemplare hervor. In Bezug auf die etiolirten Pflanzen verweisen wir auf das weiter unten Gesagte.

[1]) Dies ist indessen nur bei den weiter oben am Stengel stehenden Aesten der Fall.

Tabelle XVII.

Galium Mollugo, Länge der Glieder in mm.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
I.	0.04	0.05	0.10	0.20	0.55	3.00	10.00	15.0	22.5	25.5	—	—	
II.	0.05	0.07	0.08	0.13	0.22	0.53	1.27	4.2	10.5	15.5	17.5	18.0	
III.	0.05	0.05	0.09	0.18	0.92	5.20	14.00	16.0	16.0	16.0	—	—	
IV.	0.05	0.07	0.09	0.18	0.53	2.50	8.00	16.0	15.7	14.7	15.0	16.0	
V.	0.04	0.05	0.08	0.14	0.27	0.58	1.25	4.7	11.0	13.7	15.0	16.0	
VI.	0.06	0.07	0.10	0.18	0.38	1.03	4.00	9.2	13.5	15.7	16.5	15.5	
VII.	0.05	0.05	0.06	0.14	0.35	1.47	5.30	12.0	12.5	13.5	14.0	14.2	
VIII.	0.05	0.07	0.08	0.22	0.63	2.40	7.50	14.0	17.5	21.0	18.5	18.7	
IX.	0.05	0.04	0.06	0.09	0.18	0.38	1.10	4.3	9.5	13.0	16.2	17.0	
X.	—	0.05	0.07	0.12	0.23	0.88	3.90	10.5	14.2	14.2	14.5	14.5	
XI.	0.05	0.06	0.08	0.17	0.32	0.90	3.00	8.7	12.7	15.2	18.0	14.0	
XII.	0.05	0.05	0.07	0.10	0.15	0.30	0.52	1.7	8.2	20.5	23.0	22.0	
XIII.	—	0.05	0.07	0.11	0.22	0.39	0.92	2.2	6.1	12.7	16.0	19.0	
XIV.	0.07	0.05	0.07	0.15	0.27	0.60	1.40	5.1	15.0	25.0	30.7	26.0	
XV.	0.05	0.07	0.16	0.35	1.0	4.40	10.20	13.5	16.0	18.0	21.5	22.0	
I. a.	0.06	0.08	0.12	0.16	0.28	0.53	2.80	13.5	30.5	26.7	22.0	17.5	etiolirte Pflanzen s. Tab. XX.
II. a.	0.05	0.07	0.10	0.18	0.34	1.33	6.60	17.5	23.2	22.0	17.5	10.0	
III. a.	—	0.05	0.08	0.13	0.25	0.55	4.5	28.5	30.7	21.5	20.5	22.2	
IV. a.	—	0.07	0.12	0.28	2.07	25.5	33.5	25.7	20.5	12.5	10.5	—	

Wir wollen hier noch eine Tabelle über die Lage desjenigen Stengelgliedes, das die grösste Wachsthumsintensität zeigt und den Betrag der letzteren beifügen.

	Grösse der W.-I.	Entf. v. Scheitelp.	
I.	4.45	0.43 — 0.98 mm.	
II.	2.31	1.12 — 2.39 „	
III.	4.65	0.40 — 1.32 „	
IV.	3.72	0.44 — 0.97 „	
V.	2.76	1.21 — 2.46 „	
VI.	2.88	0.86 — 1.89 „	
VII.	3.20	0.34 — 0.69 „	höchste Lage,
VIII.	2.81	0.49 — 1.12 „	
IX.	2.91	0.86 — 1.96 „	
X.	3.55	0.54 — 1.42 „	
XI.	2.33	0.73 — 1.63 „	
XII.	3.82	1.30 — 3.00 „	
XIII.	1.77	1.85 — 4.00 „	tiefste Lage,
XIV.	2.64	1.27 — 2.67 „	
XV.	3.40	0.70 — 1.40 „	

Ich habe einige Versuche über das Wachsthum etiolirter Sprossen von *Galium Mollugo* angestellt. Es wurden dazu Stöcke der Pflanzen im Freien ausgegraben, in Töpfe gesetzt und dann in einen dunkeln Raum gebracht. Ich benutzte dazu einen eisernen Kasten, der in einem geheizten Zimmer stand. Die Temperatur im Kasten war ziemlich gleichförmig und schwankte nur zwischen 11 — 14° R. Ich beabsichtigte bei meinen Versuchen die absolute Dauer eines Plastochrons unter den angegebenen Bedingungen zu bestimmen und die Vertheilung der Wachsthumsintensität an etiolirten Sprossen zu ermitteln. Zu dem ersten Zweck wurde an kräftigen etiolirten Sprossen von Pflanzen, die sich schon 8 — 10 Tage im Dunkeln befanden, der Längenzuwachs der Stengelglieder für je 24 Stunden ermittelt. Ein bereits völlig erwachsenes Glied, wurde als 1 bezeichnet und dann die Länge aller darüber befindlichen Glieder des Sprosses nach je 24 Stunden gemessen. Die jüngsten Glieder konnten erst gemessen werden, wenn sie eine Länge von 1 — 2 mm. besassen.

Die Resultate dieses Versuchs sind in den nachfolgenden Tabellen enthalten.

(Siehe Tabelle XVIII Seite 147, Tabelle XIX Seite 148 u. 149.)

Aus diesen Tabellen ergibt sich die Dauer des Plastochrons für etiolirte Pflanzen von *Galium Mollugo* bei 12 — 14° zu durchschnittlich 48 Stunden. Innerhalb dieses Zeitraums kehrt nämlich dieselbe Anordnung der Länge der aufeinander folgenden Stengelglieder wieder. So sehen wir Tabelle 18 bei I., dass am 25. November die von oben nach unten aufeinander folgenden Stengelglieder 4, 3 und 2 folgende Längen in mm. hatten: 3.0 — 12.5 — 20.0, am 27. November waren die Längen der Glieder 5, 4 und 3 = 2.5 — 13.2 — 24.7 und am 29. November die der Glieder 6, 5 und 4 = 2.5 — 13.3 — 30.5. Man sieht, dass nach je zweimal 24 Stunden die Anordnung der Längen nahezu dieselbe ist, namentlich, wenn man die fortgehende Steigerung der Länge der Glieder im Dunkeln mit in Betracht zieht. Die zu diesem Versuche benutzten Sprossen hatten an ihrem unteren, im Licht erwachsenen Theile, sehr kurze Glieder von 10 — 12 mm. Länge (vergl. Tabelle 20). Nachdem sie in's

Dunkle gebracht worden waren, nahm die Länge der erwachsenen Glieder schrittweise zu und erreichte im Maximum 30 mm., also das dreifache der Länge im normalen Zustande.

Der 2. Versuch (Tab. 19) sollte auch über den Verlauf des Wachsthums bei niederer Temperatur (5—8° R.) Aufschluss geben; er kann nicht als gelungen bezeichnet werden, weil bei den meisten Exemplaren während des Versuchs ein starkes Nachlassen des Längenwachsthums eintrat, so dass die Pflanzen bei dem späteren Wiederversetzen in eine Temperatur von 12—14° R. nicht mehr das frühere Mass des täglichen Längenzuwachses zeigten. Dagegen ist dieser Versuch wohl geeignet, die Veränderungen zu zeigen, die in dem Längenwachsthum der Sprossen bei längerem Verweilen im Dunkeln eintreten. In diesem Fall erfolgt zunächst eine Verringerung des gesammten täglichen Längenzuwachses. Ausserdem beobachtet man aber immer eine sehr merkwürdige Veränderung in der Vertheilung der Wachsthumsintensität, und dem entsprechend in der Anordnung der Länge, der auf einander folgenden Glieder. Während das Wachsthum der älteren Glieder fortdauert und nur mässig beeinträchtigt wird, wachsen die jüngeren Internodien weit schwächer, als sie normaler Weise wachsen sollten, oder ihr Wachsthum steht auch ganz still. So ergiebt sich eine ganz andere Vertheilung der Wachsthumsintensität, wie dies nachstehende Tabelle über die Länge der Stengelglieder von 4 etiolirten Sprossen beweist. (Man vergleiche auch die vier letzten Zeilen von Tab. 17.)

(Siehe Tabelle XX Seite 150.)

Tabelle XVIII.

Versuch über das Wachsthum von etiolirtem *Galium Mollugo* im Dunkeln bei 12—14° R. Temperatur.

	Länge in mm. November.						Zuwachs in 24 St. in mm. bis November.				
Gl.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	26.	27.	28.	29.	30.
I.											
1	17.7	17.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	20.0	21.2	21.5	21.5	—	—	1.2	0.3	—	—	—
3	12.5	20.2	24.7	26.7	26.7	—	7.7	4.5	2.0	—	—
4	3.0	7.0	13.2	23.7	30.5	—	4.0	6.2	10.5	6.8	—
5	—	1.5	2.5	6.0	13.3	—	—	1.0	3.5	7.3	—
6	—	—	—	—	2.5	—	—	—	—	—	—
			Ges.-Zuw. in 24 St.:				12.9	12.0	16.0	14.1	—
II.											
1	19.7	19.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	21.2	24.5	25.0	25.2	25.2	—	3.3	0.5	0.2	—	—
3	8.7	17.0	24.7	29.0	30.2	30.2	8.3	7.7	4.3	1.2	—
4	2.0	4.5	9.5	17.2	28.2	32.0	2.5	5.0	7.7	11.0	3.8
5	—	—	1.7	4.0	8.3	9.2	—	—	2.3	4.3	0.9
6	—	—	—	—	1.5	1.7	—	—	—	—	0.2
			Ges.-Zuw. in 24 St.:				14.1	13.2	14.5	16.5	4.9
III.											
1	9.5	9.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	16.5	17.2	17.2	—	—	—	0.7	—	—	—	—
3	14.2	19.5	21.0	21.5	21.7	—	5.3	1.5	0.5	0.2	—
4	3.0	7.0	12.0	18.7	22.3	23.5	4.0	5.0	6.7	3.6	1.2
5	—	1.0	2.5	5.7	11.5	18.0	—	1.5	3.2	5.8	6.5
6	—	—	—	—	3.0	6.6	—	—	—	—	3.6
7	—	—	—	—	—	1.2	—	—	—	—	—
			Ges.-Zuw. in 24 St.:				10.0	8.0	10.4	9.6	11.3
IV.											
1	10.5	11.0	—	—	—	—	0.5	—	—	—	—
2	17.5	18.2	18.5	18.5	—	—	0.7	0.3	—	—	—
3	11.5	18.2	22.7	24.8	25.0	—	6.7	4.5	2.1	0.2	—
4	3.0	5.7	10.5	16.0	21.0	—	2.7	4.8	5.5	5.0	—
5	—	1.0	2.2	4.0	6.0	—	—	1.2	1.8	2.0	—
6	—	—	—	1.6	1.6	—	—	—	—	—	—
			Ges.-Zuw. in 24 St.:				10.6	10.8	9.4	7.2	—
V.											
1	14.0	14.2	—	—	—	—	0.2	—	—	—	—
2	20.5	21.7	22.0	22.0	—	—	1.2	0.3	—	—	—
3	10.0	15.7	19.5	20.7	21.2	21.7	5.7	3.8	1.2	0.5	0.5
4	2.0	3.7	7.2	11.0	15.0	18.2	1.7	3.5	3.8	4.0	3.2
5	—	—	1.7	3.0	5.7	8.0	—	—	1.3	2.7	2.3
6	—	—	—	—	1.7	2.2	—	—	—	—	0.5
			Ges.-Zuw. in 24 St.:				8.8	7.6	6.3	7.2	6.5

T a -

2. Versuch über das Wachsthum von

Vom 30. Nov. — 4. Dec. bei 12 — 14° R.

Länge der Glieder am:

	12 — 14° R.				6 — 8° R.							12 — 14° R.		
	Nov.	Dec.			Dec.							Dec.		
Gl.	30.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	14. (nach 36 St.)
							I.							
1	21.5	21.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	19.0	26.0	29.0	29.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	5.7	12.9	22.0	29.7	31.0	31.9	32.0	32.0	—	—	—	—	—	—
4	1.0	2.9	6.0	13.5	16.2	19.0	23.0	27.2	30.0	32.0	33.0	33.2	33.3	—
5	—	—	1.0	2.5	2.9	3.5	5.4	7.7	11.2	15.0	18.0	21.5	23.2	25.2
6	—	—	—	—	—	—	—	1.5	1.9	2.3	2.5	3.1	3.2	4.4
							II.							
1	13.0	13.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	17.0	18.3	19.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	8.7	15.0	20.0	21.5	21.7	21.7	21.7	—	—	—	—	—	—	—
4	2.2	5.2	10.0	15.2	17.0	17.6	18.0	18.7	19.0	19.5	19.7	20.8	21.2	21.7
5	—	1.3	2.2	3.7	4.0	4.2	5.0	6.2	7.3	7.7	7.7	11.3	13.2	16.0
							III.							
1	18.7	18.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	26.3	28.0	28.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	12.0	20.0	28.5	32.0	32.5	32.7	32.7	—	—	—	—	—	—	—
4	2.2	3.1	11.1	19.4	23.0	25.2	27.0	29.0	30.5	31.6	31.7	32.6	33.0	33.0
5	—	1.0	2.0	2.8	3.2	4.0	5.2	7.2	9.9	13.0	15.4	23.6	29.1	33.6
6	—	—	—	—	—	—	1.0	1.0	1.2	1.8	1.8	3.2	5.7	15.0
							IV.							
1	22.7	23.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	18.7	25.5	28.5	29.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	7.0	13.5	23.0	28.1	29.5	30.0	30.0	—	—	—	—	—	—	—
4	2.0	4.2	8.0	13.7	16.1	18.1	21.5	24.0	26.5	27.3	28.5	31.0	32.5	33.0
5	—	1.0	1.2	2.0	2.3	2.5	3.3	4.2	5.3	7.0	8.0	13.2	16.2	21.0
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.8

belle XIX.

etiolirtem *Galium Mollugo* im Dunkeln.

Vom 4.—10. Dec. bei 6—8° R.

Zuwachs der Glieder in 24 St. bis:

	12—14° R. Dec.		6—8° R. Dec.								12—14° R. Dec.		
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	14. (nach 36 St.)
I.													
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7.0	3.0	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7.2	9.1	7.7	1.3	0.9	0.1	—	—	—	—	—	—	—
	1.9	3.1	7.5	2.7	2.8	4.0	4.2	2.8	2.0	1.0	0.2	0.1	—
	—	—	1.5	0.4	0.6	1.9	2.3	3.5	3.8	3.0	3.5	1.7	2.0
	—	—	—	—	—	—	—	0.4	0.4	0.2	0.6	0.1	1.2
Zuw. in 24 St.:	16.1	15.2	17.1	4.4	4.3	6.0	6.5	6.7	6.2	4.2	4.3	1.9	3.2
II.													
	1.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1.3	0.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6.3	5.0	1.5	0.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3.0	4.8	5.2	1.8	0.6	0.4	0.7	0.3	0.5	0.2	1.1	0.4	0.5
	—	0.9	1.5	0.3	0.2	0.8	1.2	1.1	0.4	0.0	3.6	1.9	2.8
Zuw. in 24 St.:	10.6	11.4	8.2	2.3	0.8	1.2	1.9	1.4	0.9	0.2	4.7	2.3	3.3
III.													
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—
	8.0	8.5	3.5	0.5	0.2	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.9	8.0	8.3	3.6	2.2	1.8	2.0	1.5	1.1	0.1	0.9	0.4	—
	—	1.0	0.8	0.4	0.8	1.2	2.0	2.7	3.1	2.4	8.2	5.5	4.5
	—	—	—	—	—	—	—	0.2	0.6	0.0	1.4	2.5	9.3
Zuw. in 24 St.:	10.6	17.5	12.6	4.5	3.2	3.0	4.0	4.4	4.8	2.5	10.5	8.4	13.8
IV.													
	0.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6.8	3.0	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6.5	9.5	5.1	1.4	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—
	2.2	3.8	5.7	2.4	2.0	3.4	2.5	2.5	0.8	1.2	2.5	1.5	0.5
	—	0.2	0.8	0.3	0.2	0.8	0.9	1.1	1.7	1.0	5.2	3.0	4.8
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Zuw. in 24 St.:	15.8	16.5	12.1	4.1	2.7	4.2	3.4	3.6	2.5	2.2	7.7	4.5	5.3

Tabelle XX.

Galium Mollugo etiolirt.

Glied.	I. Gemessen am 29. November. (I. vom Vers. Tab. 18.) Länge. mm.	Differ. mm.	W.-Int.	Entf. v. Sch. mm.	II. Gemessen am 30. November. (III. vom Vers. Tab. 18.) Länge. mm.	Differ. mm.	W.-Int.	Entf. v. Sch. mm.
S.	0.083	—	—	0.08	0.070	—	—	0.07
1	0.062	0.021	0.34	0.15	0.050	0.025	0.50	0.12
2	0.083	0.037	0.45	0.23	0.075	0.025	0.33	0.19
3	0.12	0.04	0.33	0.35	0.100	0.08	0.80	0.29
4	0.16	0.12	0.75	0.51	0.18	0.16	0.89	0.47
5	0.28	0.25	0.89	0.79	0.34	0.99	2.91	0.81
6	0.53	2.27	4.85	1.32	1.33	5.27	3.96	2.14
7	2.8	10.7	3.82	4.12	6.6	10.9	1.65	8.7
8	13.5	17.0	1.26	17.6	17.5	5.7	0.33	26.2
9	30.5	—	—	48.1	23.2	—	—	49.4
10	26.7	—	—	—	22.0	—	—	—
11	22.0	—	—	—	17.5	—	—	—
12	17.5	(etiolirt.)	—	—	10.0	(etw. etiol.)	—	—
13	9.0	—	—	—	8.0	—	—	—
14	10.5	—	—	—	9.0	—	—	—
15	11.7	—	—	—	11.7	—	—	—
16	13.5	—	—	—	11.7	—	—	—
17	—	—	—	—	—	—	—	—

Glied.	III. Gemessen am 14. December. Ueber 4 Wochen im Dunkeln. Länge. mm.	Differ. mm.	W.-Int.	Entf. v. Sch. mm.	IV. Gemessen am 14. December. Ueber 4 Wochen im Dunkeln. Länge. mm.	Differ. mm.	W.-Int.	Entf. v. Sch. mm.
S.	—	—	—	—	—	—	—	—
1	0.10	—	—	0.10	0.097	—	—	0.10
2	0.045	0.038	0.84	0.15	0.067	0.050	0.75	0.16
3	0.083	0.047	0.57	0.23	0.117	0.163	1.39	0.28
4	0.13	0.12	0.92	0.36	0.28	1.79	6.07	0.56
5	0.25	0.30	1.20	0.61	2.07	23.43	11.3	2.63
6	0.55	3.95	7.18	1.16	25.5	8.0	0.31	28.1
7	4.5	24.0	5.33	5.66	33.5	—	—	61.6
8	28.5	2.2	0.08	34.16	25.7	—	—	—
9	30.7	—	—	—	20.5	—	—	—
10	21.5	—	—	—	12.5	—	—	—
11	20.5	—	—	—	10.5	(etw. etiol.)	—	—
12	22.2	—	—	—	—	—	—	—
13	22.2	—	—	—	—	—	—	—
14	14.2	(etiolirt.)	—	—	—	—	—	—
15	7.7	—	—	—	—	—	—	—
16	8.0	—	—	—	—	—	—	—
17	8.5	—	—	—	—	—	—	—
18	11.5	—	—	—	—	—	—	—

Die mit etiolirt bezeichneten Stengelglieder sind die ersten, die durch abweichende Färbung die Einwirkung der Lichtentziehung erkennen lassen. Man sieht aus der Tab. 20, dass die beiden ersten Sprossen I und II, die noch in der Vollkraft ihres Wachsthums abgeschnitten und gemessen wurden, sich in der Vertheilung der Wachsthumsintensität von normalen am Lichte erwachsenen wesentlich nur darin unterscheiden, dass ihre Glieder, nachdem sie die Grösse erwachsener am Lichte gebildeter erlangt haben, noch fortfahren zu wachsen, bis sie die Länge erreicht haben, die für den etiolirten Zustand characteristisch ist. Die Wachsthumsintensität der jüngeren Stengelglieder zeigt keinen characteristischen Unterschied gegen die der im Lichte wachsenden Sprossen. Man kann daraus schliessen, dass die Einwirkung des Lichtes auf das Wachsthum sich erst fühlbar macht, wenn die Glieder eine gewisse Länge erreicht haben.

Dagegen weicht die Anordnung der Wachsthumsintensität bei den Sprossen III u. IV, die viel länger im Dunkeln verblieben waren, sehr stark von derjenigen normaler Pflanzen ab; wie dies nach dem früher bemerkten auch zu erwarten war. Wenn nämlich die jüngeren Stengelglieder im Längenwachsthum gegen die älteren zurückbleiben, so muss nothwendigerweise die Stelle der stärksten Wachsthumsintensität stark gegen die Spitze des Stammes hin verschoben werden und diese zugleich eine abnorme Grösse erreichen.

Die Zahlen für die Wachsthumsintensität bei III und IV dürfen übrigens nicht als eine wirkliche Darstellung der Zuwachsgrössen der zugehörigen Glieder angesehen werden, da nicht anzunehmen ist, dass diese Sprossen noch längere Zeit fortgewachsen wären, ihr Wachsthum vielmehr augenscheinlich im Erlöschen begriffen war.

Diese abnorme Art des Längenwachsthums kann nicht eine directe Folge des Lichtmangels sein, denn auch die Sprossen I u. II waren vollständig etiolirt; alle ihre noch im Wachsthum begriffenen Glieder waren im Dunkeln gebildet. Ich glaube vielmehr, dass diese Abnormität durch die ungenügende Zufuhr von Nährstoffen veranlasst wird, die bei einem längeren Aufenthalt im Dunkeln nothwendig eintreten muss, und ich schliesse daraus, dass wenn einem wachsenden Spross

eine ungenügende Menge von Nährstoffen zugeführt wird, die älteren noch wachsenden Stengelglieder diese für sich in Anspruch nehmen, so dass für die jüngeren nichts oder nicht genug übrig bleibt und diese demnach in ihrem Wachsthum gehindert werden.

Folgende Figuren der Curventafeln beziehen sich auf *Galium Mollugo.*

Fig. 16 giebt eine graphische Darstellung der grossen Periode eines Gliedes nach dem Exemplar XI der Tab. 15. Die Länge der Glieder ist zehnfach vergrössert.

Fig. 13 stellt in demselben Massstab die grosse Periode eines etiolirten Sprosses (nach I, Tab. 20) dar.

Fig. 3 ist die graphische Darstellung der Vertheilung der Wachsthumsintensität im Stamme nach den Exemplaren VII, IV und I der Tab. 15. Unten sind die Stengelglieder in zehnfacher Vergrösserung aufgetragen, darauf der zehnfache Werth der Wachsthumsintensität als Ordinate in mm. construirt. Vergl. die Erläuterung zu Fig. 1. Unten ist auch noch die Länge der Glieder vom Exemplar III, Tab. 15 verzeichnet, nicht aber die zugehörige Curve der Wachsthumsintensität.

Fig. 4 stellt in derselben Weise und nach demselben Massstab die Vertheilung der Wachsthumsintensität in den etiolirten Sprossen I u. II der Tab. 20 dar.

Da die Wurzeln der Gefässpflanzen einem sehr einfachen Wachsthumstypus angehören, und ihr Wachsthum wohl bisher am meisten und genauesten untersucht worden ist, so wäre es sehr interessant gewesen, auch bei ihnen die Vertheilung der Wachsthumsintensität nach der in diesem Aufsatz dargelegten Methode zu bestimmen. Ich glaubte ein passendes Object hierzu an den Wurzeln von *Zea Mais* gefunden zu haben; hier lassen sich nämlich die Ursprungszellen der grossen Gefässe (g. g. in *Sachs* Lehrb. Fig. 122, S. 166), die übrigens an Keimwurzeln von *Zea Mais* bis weit in die älteren Theile der Wurzel hinauf dünnwandig und mit Saft erfüllt bleiben, bis nahe an den Ve-

getationspunkt verfolgen. Man konnte meinen, dass durch Messung der Längen dieser Zellen die Anordnung der Wachsthumsintensität der Maiswurzel nach unserer Methode bestimmt werden könnte.

Es ergab sich jedoch aus einer Anzahl Messungen an mehreren Keimwurzeln, dass diese Zellen von der Spitze der Wurzel ab nach oben zwar an Länge fortdauernd zunehmen, diese Zunahme aber nicht stetig und regelmässig, sondern öfter in unregelmässigen Sprüngen erfolgt, so dass ich annehmen muss, dass diese Zellen, wenn sie angelegt werden, (d. h. aufhören sich zu theilen) eine ungleiche Länge oder auch eine ungleiche Wachsthumsenergie besitzen, ihnen somit eines der Erfordernisse abgeht, die bei Anwendung unserer Methode vorausgesetzt werden müssen. Es ist aber wohl möglich, dass man bei andern Wurzeln Zellen finden wird, die zu dem erwähnten Zwecke besser geeignet sind.

Ueber den Meteoriten von Zsadány, Temesvar Comitat, Banat.

Von E. Cohen.

Von Herrn Dr. A. Babesiu erhielt ich ein Stück des am 31. März 1875 zu *Zsadány* im *Temesvar Comitat, Banat* gefallenen Meteoriten mit der Bitte, denselben einer mikroskopischen Untersuchung zu unterziehen. Zugleich übergab mir derselbe freundlichst etwa ⅓ Gramm des von den Erzen vollständig befreiten Silicatgemenges, so dass ich in den Stand gesetzt war, auf chemischem Wege die Resultate der mikroskopischen Untersuchung zu controliren und zu ergänzen. Ueber die Methode, nach welcher die Trennung der Silicate und der Erze ausgeführt wurde, wird Herr Dr. Babesiu einer schriftlichen Mittheilung gemäss seiner Zeit berichten.

Die Oberfläche des Meteoriten bildet, soweit dieselbe noch vorhanden ist, eine zusammenhängende bräunlichschwarze Schmelzrinde von etwa ⅕ bis ¼ Millimeter Dicke, welche scharf begränzt erscheint und nirgends in das Innere des Steins eindringt. Auf einer angeschliffenen Fläche erkennt man, dass Nickeleisen und die später beschriebenen Kugeln nicht mit eingeschmolzen sind. Daher erheben sich auch über dem matten, durch zahlreiche feine Knötchen rauhen Grund der Rinde grössere Knoten mit schimmerndem Glanze; sie werden augenscheinlich durch metallische Verbindungen hervorgerufen, die nur schwach an ihrer Oberfläche verändert sind. Von einer Riefung oder von Sprüngen ist auf der Kruste nichts wahrzunehmen. Nach alledem

scheint sie einer verhältnissmässig nicht allzu hohen Temperatur ihre Entstehung zu verdanken. An dem Bruchstück waren noch drei grössere Flächen erhalten, von denen zwei unter stumpfem Winkel zusammenstiessen; die dritte, an einer Seite eingedrückte, bildete mit den anderen spitze Winkel. Die eine der Bruchflächen besass demgemäss eine spitz keilförmige Gestalt, die andere hatte etwa die Form einer nach der kürzeren Diagonale durchschnittenen flachen Ellipse. Alle natürlichen Kanten waren vollkommen abgerundet.

Makroskopisch erkennt man die folgenden Bestandtheile:

1. Eine feinkrystallinische lichtgraue Grundmasse. Nur vereinzelt treten aus ihr grössere Körner mit muschligem Bruch und Glasglanz hervor; die meisten sind wasserklar, einige wenige honiggelb.

2. Körner von der Farbe des Magnetkies (Troilit?) und Körner oder Blättchen von Nickeleisen. Auf einer angeschliffenen Fläche erscheint letzteres reichlicher und in grösseren Partien vorhanden, als auf der Bruchfläche, und die Umrisse sind höchst unregelmässig zerhackt. Es rührt dies wohl von der mechanischen Wirkung beim Schleifen her, durch welche die feinen Partikel gleichsam ausgewalzt werden. Das Eisen ist gewöhnlich von Rostflecken umgeben, die secundärer Entstehung sein müssen, da ursprüngliches freies Eisenoxyd zusammen mit metallischem Eisen in Meteoriten jedenfalls nicht vorkommen kann. Die metallischen Verbindungen nehmen mehr ihrem Volumen, als ihrer Zahl nach untergeordneten Antheil an der Zusammensetzung des Meteoriten.

3. Zahlreiche dunkelgraue krystallinische Kugeln mit rauher Oberfläche und schwach fettartigem Glanze auf dem Bruch; erst nach längerem Glühen vor dem Gebläse liessen sich einige an der Oberfläche unvollkommen schmelzen, wobei sie rissig wurden und ein schlackiges Aussehen erhielten. Auf der angeschliffenen Fläche besitzen sie meist rundliche, seltener elliptische Umrisse, vereinzelt auch die Gestalt einer nach der längeren Axe getheilten Ellipse. Ihre durchschnittliche Grösse beträgt kaum $^1/_2$ Millim.; doch fand sich eine Kugel mit einem Durchmesser von $3^1/_2$ Millim. Hie und da kann man schon mit scharfer Lupe eine excentrisch strahlige oder verworren strahlige Struc-

tur erkennen. Aus der Bruchfläche des Meteoriten ragen die Kugeln fast alle unverletzt hervor und bekunden dadurch ein sehr festes Gefüge; auch gelingt es leicht, sie aus der Grundmasse herauszulösen.

Dünnschliffe liessen sich nur mit besonderer Sorgfalt herstellen und wurden nicht hinreichend durchsichtig, um an allen Stellen eine sichere Bestimmung zu gestatten.

Nach ihrer mineralogischen Zusammensetzung sind besonders zwei Arten von Kugeln zu unterscheiden. Die eine besteht aus schmalen Säulen eines rhombischen Minerals, welches man für ein enstatitartiges halten muss. Zuweilen kann man eine doppelte Theilbarkeit beobachten: eine vollkommnere parallel der Längsrichtung und eine weniger vollkommene senkrecht zu ersterer, welche aber wohl nicht als Spaltung, sondern als Absonderung aufzufassen ist. Mit beiden fallen die Hauptschwingungsrichtungen zusammen. Ausser wenigen winzigen Poren wurden keine Einschlüsse wahrgenommen. Zwischen den schmalen Leisten oder auf breiteren Spalten liegt eine trübe Substanz, von welcher sich nicht entscheiden lässt, ob sie ein Zersetzungsprodukt ist, oder sich von aussen eingedrängt hat. Bezüglich ihrer Structur zeigen diese Kugeln ähnliche Mannigfaltigkeiten, wie sie von Tschermak [1]) und Drasche [2]) aus den Meteoriten von *Gopalpur* und *Lancé* abgebildet wurden. Einige sind regelmässig excentrisch strahlig, andere verworren strahlig; wiederum andere von oblonger Gestalt bestehen aus kurzstengligen, parallel angeordneten Individuen. Eine Kugel zerfällt in zwei gleiche Hälften, deren eine excentrisch strahlig, die andere parallel stenglig struirt ist, so dass die Säulen etwa unter 45 Grad auf einander stossen. Einige aus sehr kleinen rhombischen Tafeln zusammengesetzte Kugelschnitte scheinen ebenfalls aus dem enstatitartigen Mineral zu bestehen, welches hier senkrecht zur Längsausdehnung getroffen wurde.

---

[1]) Die Meteoriten von Shergotty und Gopalpur. Sitz.-Ber. d. k. Akad. der Wiss. zu Wien LXV. Febr. 1872.

[2]) Ueber den Meteoriten von Lancé. Tschermak, Mineralog. Mitth. 1875. Heft 1. Die meisten der auf Tf. IV. gegebenen Abbildungen liessen sich für den vorliegenden Meteoriten reproduciren.

Die anscheinend grössere Hälfte der Kugeln ist gröbèr struirt, als die soeben beschriebenen und erweist sich als ein Aggregat farbloser runder oder eckiger Körner, die ebenfalls durch eine trübe Substanz getrennt werden. Die lebhaften rothen oder grünen Interferenzfarben, die rauhe Schliffläche, das Fehlen von Spaltungsdurchgängen und der Vergleich mit grösseren Individuen in der Grundmasse lassen die Bestimmung als Olivin sicher erscheinen. Die Grösse der Körner ist zuweilen eine so gleichartige, ihre Vertheilung eine so regelmässige, dass man passend den von Drasche gemachten Vergleich mit einem „facettirten Fliegenauge" wählen kann.

Nur durch ein Exemplar vertreten fand ich eine Kugel, die im gewöhnlichen Licht und bei nicht allzu starker Vergrösserung aus einem einheitlichen wasserklaren Mineral zu bestehen scheint mit einigen Poren und opaken Körnchen. Erst im polarisirten Licht erkennt man an der zarten Aggregatpolarisation die feine verworren fasrige Structur. Von dem enstatitartigen Mineral unterscheidet sich das vorliegende unverkennbar, ohne dass es möglich wäre, auch nur eine Vermuthung über seine Natur zu äussern.

Viele Kugeln treten besonders scharf hervor und zwar bald durch einen Hof von Eisenoxydhydrat, bald durch einen Kranz feiner opaker Körnchen, bald durch eine schmale lichte Zone, welche letztere sich aus winzigen, optisch verschieden orientirten, farblosen Körnern zusammensetzt. Metallische Einschlüsse sind in den meisten Kugeln spärlich vorhanden oder fehlen ganz, und nur in wenigen treten sie reichlich auf.

Aus den beiden erwähnten Mineralien — einem farblosen rhombischen Pyroxen und Olivin — setzt sich auch der grösste Theil der Grundmasse zusammen; nur treten dieselben hier häufig in erheblich grösseren Individuen auf [1]), so dass sie öfters eine sichere Bestimmung zulassen. Am Olivin kann man sogar — wenn auch selten — einzelne Flächen beobachten. An Einschlüssen sind beide arm: im meist trüben

[1]) Tschermak hebt (l. c. S. 20) für den Meteoriten von Gopalpur gerade die umgekehrten Grössenverhältnisse der Krystallfragmente in den Kugeln und in der Grundmasse hervor.

rhombischen Augit erkennt man an einzelnen Stellen opake Körner und farblose, entweder stabförmige oder langgestreckten Tropfen ähnliche, parallel angeordnete Mikrolithe; in einigen Olivinen Poren. Sie sind hier, wie auch in den anderen Gemengtheilen, zumeist wohl leer; wenn auch einige wenige Flüssigkeit zu enthalten scheinen, so mahnt doch die höchst unsichere Beobachtung um so mehr zur Vorsicht, als Sorby [1]) ausdrücklich hervorhebt, niemals Flüssigkeitsporen in Meteoriten gefunden zu haben. Ob hie und da auftretende Aggregate winziger farbloser Körnchen ebenfalls Olivin sind, liess sich nicht sicher entscheiden.

Als accessorisch muss man ein drittes Mineral bezeichnen, welches vollkommen durchsichtig, rein und von unregelmässiger Begrenzung ist. Von dem oben erwähnten rhombischen Augit unterscheidet es sich durch das Fehlen von Spaltungsdurchgängen, vom Olivin durch die glatte Schlifffläche, von beiden durch deutlichen Pleochroismus ohne Absorption. Der eine Ton ist farblos, der andere ein meist fleckig vertheiltes lichtes Roth mit schwachem Stich ins Bräunliche. Die allerdings unsichere optische Orientirung deutet auf ein rhombisches Mineral. In ganz ähnlicher Weise tritt Hypersthen in einem Gabbro von der Ostküste von *Süd-Afrika* auf [2]) und man kann das vorliegende Mineral wohl ebenfalls für Hypersthen, also für einen eisenreichen rhombischen Augit halten.

Die in der Grundmasse eingebetteten metallischen Verbindungen lassen sich unter dem Mikroskop recht gut an dem bläulichschwarzen oder röthlichgelben Schimmer im reflectirten Licht unterscheiden; auch fehlt dem Troilit der Hof von gelblichbraunem Eisenoxydhydrat, der das Nickeleisen meist umgiebt. Nicht selten umschliesst letzteres Körnchen von Troilit.

Zwischen allen diesen Gemengtheilen liegt eine trübe, nur selten

---

[1]) On the structure and origin of meteorites. Nature April 5, 1877, S. 496.

[2]) Vgl. E. Cohen: Erläuternde Bemerkungen zu der Routenkarte einer Reise von Lydenburg nach den Goldfeldern etc. Jahresber. d. geogr. Ges. in Hamburg 1875, S. 220.

schwach durchscheinende Substanz, welche mit der in den Kugeln erwähnten identisch zu sein scheint. Mit Hülfe der Klein'schen Quarzplatte erkennt man in ihr winzige doppelbrechende Fragmente, aus welchen sie vielleicht ganz besteht; jedenfalls habe ich nie mit Sicherheit apolare Stellen beobachtet.

Die Schmelzrinde wurde, selbst als Pulver in Canadabalsam eingelegt, nicht einmal durchscheinend.

Der Meteorit von *Zsadány* gehört nach obigem also zu den typischen Chondriten, die nach Tschermak[1]) „mehr oder weniger tuffähnliche Massen sind, bestehend aus Gesteinskügelchen und einer pulverigen oder dichten gleich zusammengesetzten Grundmasse". Tschermak erklärt sich ihre Entstehung durch die Vorstellung, „dass diese Meteormassen zuerst aus starren Theilen bestanden, welche durch gegenseitige Reibung Staub und kleine Kügelchen erzeugten, aus welchen sich die meteorische Masse wieder zusammenballte" [2]). Wenn auch diese Erklärung für die Bildung der Hauptmasse des vorliegenden Meteoriten recht wohl annehmbar ist, so scheint es mir doch nicht zutreffend, dieselbe Art der Entstehung auch auf alle Kügelchen auszudehnen. Es wäre dann jedenfalls sehr auffallend, dass letztere in den meisten Fällen wenigstens nur aus **einer** Mineralspecies bestehen, und sich nicht öfters unter ihnen wirkliche Gesteinsfragmente, also Aggregate verschiedener Mineralien finden. Für die Erklärung der excentrisch strahligen Structur mancher Kugeln ist wohl nicht die Annahme einer secundären Formveränderung nothwendig, wie sie Gümbel hervorhebt [3]); die Structur kann sicherlich auch als das Resultat ursprünglicher Erstarrung angesehen werden. Einstweilen halte ich immerhin die Ansicht Sorby's [4]) für die annehmbarste, dass sich der excentrisch strahlige Aufbau durch eine

---

1) Die Trümmerstructur der Meteoriten von Orvinio und Chantonnay S. 3. Sitz.-Ber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Wien LXX Nov. 1874.

2) Die Meteoriten von Shergotty und Gopalpur l. c. S. 24.

3) Ueber die Beschaffenheit des Steinmeteoriten vom Fall am 12. Febr. 1875 in der Grafschaft Jowa N.-A. Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. zu München III, Dec. 1875 S. 325.

4) l. c. S. 496.

unregelmässige, von der Peripherie ausgehende Abkühlung erklären lasse. Vielleicht wird eine sichere Entscheidung der Frage ermöglicht, wenn erst eine grössere Zahl eingehender und zuverlässiger Untersuchungen der Tuffe und verwandter terrestrischer Bildungen vorliegen, als es bis jetzt der Fall ist.

Sowohl bezüglich der mineralogischen Zusammensetzung als in structureller Beziehung stimmt der Meteorit von *Zsadány* sehr gut mit denen von *Lancé*, *Gopalpur* und *Pultusk* überein; nur enthalten die beiden letzteren nach den Analysen von A. Exner und vom Rath wahrscheinlich noch einen feldspathartigen Gemengtheil, während in dem von *Zsadány* accessorisch ein hypersthenähnliches Mineral auftritt. In dem *Pultusker* Meteoriten, von welchem ich einen Dünnschliff aus den Fuess'schen Sammlungen vergleichen konnte, fand ich auch einen 0.6 Millim. langen und 0.2 Millim. breiten rectangulär begrenzten Durchschnitt mit schiefer optischer Orientirung und Zwillingsstreifung und eine aus monoklinen oder triklinen Säulen zusammengesetzte Kugel, welche man beide für Feldspath halten kann.

Der mikroskopischen Untersuchung gemäss bestehen also die Silicate des Meteoriten von *Zsadány* aus Olivin und aus zwei Varietäten der rhombischen Augite. Um wenigstens annähernd das quantitative Verhältniss zu erfahren, in welchem die beiden Mineralien vorhanden sind, und besonders um zu entscheiden, ob die vorherrschende Varietät der rhombischen Augite sich mehr dem Enstatit oder mehr dem Bronzit nähere, wurde noch eine Partialanalyse mit dem obenerwähnten, von Dr. Babesiu erhaltenen Material ausgeführt. Nach 36-stündigem Maceriren mit concentrirter Salzsäure waren 20.17, nach nochmaligem 12-stündigen Maceriren weitere 1.77 Procent in Lösung gegangen, einschliesslich der mit Kalilauge von dem unzersetzten Rückstand getrennten Kieselsäure.

Der durch Salzsäure zersetzbare Antheil ergab die unter I, der unzersetzbare die unter II folgende Zusammensetzung:

	I	II	Ia	IIa
Kieselsäure	9.91	42.96	44.56	56.71
Thonerde		1.76		2.32
Eisenoxydul	3.90	10.01	17.54	13.21
Kalk		1.34		1.77
Magnesia	8.43	19.69	37.90	25.99.

In I wurden Thonerde und Kalk nicht bestimmt, da sie nur in Spuren vorhanden waren. Berechnet man beide Mischungen auf 100, so erhält man Ia und IIa und hieraus die Sauerstoffquotienten

$$RO : SiO_2 \text{ für I} = 1.604 : 1$$
$$\text{für II} = 1.093 : 1.$$

Während der unlösliche Rückstand demgemäss sehr gut mit der allgemeinen Formel der rhombischen Augite (RO,SiO_2) übereinstimmt, zeigt der lösliche Theil eine erhebliche Abweichung von der Zusammensetzung des Olivins ($2RO,SiO_2$). Diese Abweichung wird durch den Ueberschuss an Kieselsäure bedingt, deren indirecte Bestimmung durch den Gewichtsverlust nach der Behandlung des Rückstandes mit Kalilauge nicht sehr zuverlässig ist. In der That ist auch die Summe der Kieselsäure von I und II um 1.57 Proc. höher, als die Gesammtkieselsäure der Silicate, welche von Herrn Dr. Babesiu an dem gleichen Material zu 51.30 Procent ermittelt wurde. Geht man von der letzteren aus und zieht von derselben die direct bestimmte Kieselsäure aus II ab, so ergeben sich für den löslichen Antheil 8.34 Proc., und der Sauerstoffquotient $RO : SiO_2$ wird 1.906 : 1, also fast genau gleich dem des Olivins. Wenn man voraussetzt, dass nur letzterer durch die Salzsäure zerlegt worden sei, so würden nach obigen Daten die Silicate im Meteoriten etwa zu $^3/_4$ aus einem Pyroxen, zu $^1/_4$ aus Olivin bestehen; doch können der Natur der Arbeit nach quantitative Trennungen, die auf Löslichkeitsbestimmungen in Säuren beruhen, selbstverständlich nur approximative Schätzungen sein[1]). Dagegen

[1]) Nach dem Resultat der Analyse und der mikroskopischen Schätzung scheint im vorliegenden Fall allerdings nicht viel Enstatit (Bronzit) in Lösung gegangen zu sein, da dessen Menge sonst viel zu gross ausfallen würde. Dass aber nicht alle Enstatite in Säuren unlöslich sind, ergaben Versuche

erweist sich durch die Untersuchung der vorherrschende rhombische Augit entschieden als eine eisenreiche Varietät, nämlich als ein sogenannter Bronzit; denn selbst wenn man 10 Proc. eines sehr eisenreichen Hypersthens in Abzug bringen wollte — und diese Menge erscheint nach dem mikroskopischen Befund viel zu hoch —, so bliebe noch ein sehr erheblicher Eisengehalt übrig. In dem Olivin verhalten sich die Aequivalente von MgO : FeO wie 3.89 : 1, also annähernd wie 4 : 1, ein Verhältniss, welches oft in meteorischen Olivinen gefunden worden ist [1]).

Neben dem oben beschriebenen unzweifelhaften Meteoriten waren zu Zsadány auch Stücke von ganz abweichendem Habitus aufgelesen worden, welche man ebenfalls für Meteorite gehalten hatte.

Sie besitzen eine poröse, verschlackte Oberfläche von matter dunkelgrauer Farbe, die stellenweise metallisch oder pechartig glänzt. Der Bruch erscheint rein krystallinisch und gleicht dem eines feinkörnigen trachytischen Gesteins. Makroskopisch lassen sich nur stark vorherrschende weisse oder graue eckige Quarzkörnchen und dunkelgraue bis schwarze Partikelchen erkennen.

Die Untersuchung der Dünnschliffe ergab ein unerwartetes Resultat. Dieselben stimmen nämlich im wesentlichen so genau mit den durch Basalt veränderten Sandsteinen überein, welche Zirkel beschrieben hat [2]), dass man die vorliegenden Stücke nur für sandsteinartige Gebilde halten kann, welche durch Hitze verändert wurden.

mit vollständig frischen Stücken der Varietät von Kjörrestad in Norwegen. Nach 45stünd. Maceriren mit rauch. Salzsäure hatten sich 13 Proc. zersetzt, die aus 52.62% Kieselsäure und 47.38% Basen bestanden. Da dies Verhältniss annähernd dasselbe ist, wie das von G. vom Rath für den Enstatit von Kjörrestad ermittelte (Mon.-Ber. d. k. Akad. d. W. zu Berlin 26. Oct. 1876), und der Rückstand sich u. d. M. als durchaus unverändert erwies, so scheint der Enstatit als solcher unter Abscheidung von Kieselsäure gelöst zu werden, nicht eine Extraction von Basen stattzufinden.

[1]) Vergl. Rammelsberg, Handbuch der Mineralchemie 1875 S. 429.

[2]) Mikromineralogische Mittheilungen, Erste Forts. Jahrb. f. Mineral. etc. 1872 S. 7.

Damit ist allerdings der tellurische Ursprung nicht unzweifelhaft erwiesen, aber doch in hohem Grade wahrscheinlich gemacht. Einerseits sind meteorische Massen von gleicher oder auch nur ähnlicher Zusammensetzung nicht bekannt, andrerseits können leicht Kunstprodukte vorliegen, indem Sandsteine als Unterlage für Kochgeräthe oder als Feuereinfassung von wandernden Schmieden und Kesselflickern benutzt wurden.

Die weissen und grauen Körner erweisen sich unter dem Mikroskop alle als Quarz von sehr unregelmässiger Form, wie sie klastischen Fragmenten vorzugsweise zukommt. Derselbe ist sehr reich an Poren, die häufiger zu Reihen, als zu Haufen geschaart sind; die Poren scheinen zum Theil wenigstens mit Flüssigkeit erfüllt zu sein, obwohl ich keine beweglichen Bläschen beobachtet habe. Ausserdem sind viele Körner rissig und reich an trüben, sehr feinen Flocken, welche sich auch bei starker Vergrösserung nicht auflösen.

Die dunkelgrauen bis schwarzen Partikel bestehen aus einer apolaren, die Quarzkörner verkittenden Substanz, augenscheinlich einer Glasmasse. Sie ist zum Theil dicht erfüllt mit Gasporen allein, zum Theil enthält sie neben diesen braune flockige Eisenverbindungen oder nur letztere. Die Gasporen häufen sich öfters derart an, dass das Glas bei schwacher Vergrösserung undurchsichtig und schwarz wird. Sie sind alle rund, und da auch jegliche sonstige Fluctuationserscheinungen fehlen, so hat bei der Schmelzung keine nachweisbare Bewegung stattgefunden. Hie und da werden auch Quarzkörner durch eine chalcedonähnliche Substanz mit Aggregatpolarisation verkittet. —

Geschäftliches.

In der Sitzung vom 2. November wurde Herr Geheimerath Kühne wieder zum Vorsitzenden, Herr Prof. Alex. Pagenstecher wieder zum Schriftführer, nach Wegzug des Herrn Prof. W. Lossen, in dessen Stelle Herr Buchhändler Köster zum Rechner erwählt und die bisherige Redactionscommission durch Acclamation bestätigt.

In den Verein wurden aufgenommen: Herr Baron von Osten-Sacken, Herr Dr. v. Scherff, Herr Dr. Heuck, Herr Dr. Cuntz, Herr Prof. Caspary und Herr Maurer.

Der Verein verlor durch Wegzug die Herren: Dr. Gross, Prof. Klein, Prof. W. Lossen, Prof. Börnstein.

Alle Sendungen bittet man wie bisher an den Schriftführer, Prof. Alex. Pagenstecher, zu richten, aus den gedruckten Verzeichnissen die Bestätigung und den Dank des Vereins und aus der Uebersendung der Verhandlungen das Eintreten auf den Tauschverkehr entnehmen zu wollen.

Verzeichniss

der vom 1. August 1877 bis 15. Mai 1878 eingegangenen Druckschriften.

Würtembergische Naturwiss. Jahreshefte 33, 1 — 3.

Fraas: Aëtosaurus ferratus. Festschrift zur Feier des 400jährigen Jubiläums der Eberhard-Karls-Universität.

Jahresbericht des Vereins für Naturkunde zu Zwickau. 1876.

Deutsche Seewarte. Monatl. Uebers. der Witterung. October 1876. Jan. bis 1. Octob. 1877. Hamburg.

Bulletin de la société des sciences hist. et nat. de l'Yonne. 1877, 31. 32. Auxerre.

Annuario della Società dei Naturalisti in Modena. Ser. II. anno X—XII.

VII. Jahresbericht der Grossh. Badisch. meteorologischen Centralstation Carlsruhe. 1876.

Recueil des mémoires et des travaux publ. par la Soc. Botanique du Gr. D. de Luxembourg, nro II—III. 1875—76.

F. v. Müller: Select Plants readily eligible for industrial culture or naturalisation in Victoria.

Giornale della soc. di Letture di Genova. I. Fasc. 8—12. 1877. II. 1 — 3.

Berichte über die Verhandlungen der naturforsch. Gesellschaft zu Freiburg i. B. VII. 1.

Compte rendu de la Société entomologique de Belgique. II. Ser. 41—50.

Bulletino della società entomologica italiana. IX. 2—4. X. 1. Firenze.

Leopoldina. XIII. 15 — 24. XIV. 1 — 8.

Verhandlungen der K. K. geolog. Reichsanstalt zu Wien. 1874. 2—6. 1877. 7 — 18.

Philadelphia Academy of natural sciences Proceedings. 1876. 1—3.

Boston American academy of arts and sciences Proceedings, n. s. IV.

St. Louis Academy of science transactions. III. 1 — 3.

From U. S. Geol. and Geogr. Survey by Mr. F. v. Hayden:

Miscell. publications IV. Porter and Coulter: Synopsis of the Flora of Colorado.

Reports 1 — 3 of the survey of the territories.

Preliminary report of the survey of Wyoming.

Schriften des naturw. Vereins für Schleswig-Holstein. II. 2. Kiel.

Bulletin de la société Vaudoise des sciences naturelles. XV. 78. Lausanne.

Jahresbericht des Lesevereins d. deutschen Studenten Wien's. 1876/77.

Der Zoologische Garten, XVIII. 1 — 3. Frankfurt a./M.

Anzeiger für die Aerzte Deutschlands. 2. Leipzig.

Boston society of natural history. XVIII. 3, 4. Memoirs Vol. II p. IV, 5. Hyatt, North american poriferae.

Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. XXIX. 2—4. Berlin.

62. Jahresbericht der naturforsch. Gesellschaft in Emden. 1876.

Von der Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Dresden. Jahresbericht 1876/77. Katalog der Bibliothek.

Annales de la société d'agriculture de Lyon. VIII. 1875.

Sitzungsberichte d. naturw. Gesellschaft Isis in Dresden. 1877. Jan. — März, Juli — December.

Vom ärztlichen Verein in Frankfurt a./M.: Statistische Mittheilungen, Jahresbericht über die Verwaltung des Medicinalwesens u. s. w.

Von der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft zu Frankfurt a./M. Bericht 1875/76. Abhandlungen XI. 1.

Annales de la société malacologique de Belgique. X. Bruxelles. Procès-verbaux. July 1876 — July 1877.

H. Scheffler: Die Naturgesetze. I. und II.

Nuovo giornale botanico italiano. Pisa. IX. 4. X. 1 und 2.

Verhandlungen des botan. Vereins der Provinz Brandenburg. XVIII. Berlin. 1876.

Zehnjährige Mittelwerthe nebst neunjährigen Stundenmitteln v. K. Weihrauch. Dorpat. (Ergänzungsheft zu Bd. II d. Dorpater meteorol. Beobachtungen).

Bullettino della società Adriatica di scienze naturali in Trieste. Vol. III. nro 2 und 3.

Bulletin de la Soc. Impér. des naturalistes de Moscou. 1877. — 3.

VI. Jahresbericht der Oberhess. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. Giessen.

Correspondenzblatt des Zoolog. Mineral. Vereins in Regensburg. XXX.

Bulletin de l'Académie Impér. des sciences de St.-Pétersbourg. XXIV.

E. Bessels: U. S. Arctic expedition, steamer Polaris, Vol. I. Physical Observations.

Sitzungsberichte der Kais. Königl. Acad. der Wissenschaften in Wien. 1877. 20 — 22, 24 — 28. 1878. 1 — 11.

Mittheilungen der naturforsch. Gesellschaft in Bern. 1873 — 76.

Verhandlungen der Schweizerischen naturf. Gesellschaft. 58 u. 59.

54. Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für vaterländ. Cultur zu Breslau.

Rendiconti del Reale Instituto Lombardo di scienze e lettere a Milano. Ser. II. IX.

Von U. S. Geological Survey, durch Herrn F. V. Hayden: Ninth annual report.

- J. Leidy: Contributions to the extinct Vertebrate fauna of the W. Territories.

Miscellaneous publications: 1. H. Gannett: List of elevations.

2. H. Gannett: Meteorological observations 1872.

4. Porter and Coulter: Synopsis of the flora of Colorado.

5. Jackson: Descriptive catalogue of the photographs of the U. S. G. survey.

8. Elliot Coues: Fur bearing animals.

Bulletin of the united states entomological commission. 1 u. 2.

Catalogue of the publications of the U. S. Geol. and Geogr. survey of the territories.

Matthews: Ethnography and philology of the Hidatsa Indians.

Transactions of the Edinburgh geological society. III. 1.

Bericht über die Thätigkeit der St.-Gallischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft. 1875/76.

Royal Society of New-South-Wales: Rules and list of Members. 1877. Sydney. Exchanges and presentations.

Smithsonian report. 1877.

Proceedings of the American association for the advancement of science. XXV. meeting held at Buffulo. 1877.

H. Wild: Repertorium für Meteorologie. V. 2.

Die Temperaturverhältnisse des russischen Reichs. I.

Annalen des physik. Central-Observatoriums zu Petersburg. Jahrg. 1876.

Publications de l'Institut Royal Grand-Ducal de Luxembourg. Section des sciences naturelles, XVI.

Siebenter Jahresbericht des naturw. Vereins zu Magdeburg.

Berichte des naturw.-medizin. Vereines in Innsbruck. VII. 1.

Mittheilungen des Vereins für Erdkunde zu Halle a./S. 1877.

Verhandlungen des naturw. Vereins zu Hamburg-Altona. N. F. 1.

Sitzungsberichte der K. bayr. Akad. der Wissenschaften zu München, math.-phys. Cl. 1877. II. III.

Verhandlungen der phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg. N. F. XI. 3. 4.

Jahresbericht der naturf. Gesellschaft in Graubünden. N. F. XX.

Sitzungsberichte der phys.-medizin. Sozietät zu Erlangen. 9.

Sechster Bericht des bot. Vereins in Landshut.

Acta Horti Petropolitani. V. 1.

Verhandlungen des Naturh.-Vereins der preuss. Rheinlande u. Westphalens. N. F. III. 2. IV. 1.

Abhandlungen der naturhist. Gesellschaft zu Nürnberg. VI.

Archives néerlandaises des sciences exactes et natur. Harlem. XII. 2—5.

Katalog zur Hallerausstellung in Bern.

Em. Blösch: Die Hallerausstellung.

Jahresbericht der Lese- u. Redehalle der deutschen Studenten in Prag 1876/77.

Mittheilungen aus dem naturw. Vereine v. N.-Vorpommern u. Rügen. IX.

Verslagen en Mededeelingen d. Koninklijke Akad. van Wetenschappen. Amsterdam. Afd. Naturkunde, II. R. T. XI.

Von derselben: Processen-verbaal. 1876/77.

Mémoires de la société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux. 2. S. II.

Mémoires de l'Académie des sciences, inscript. et bell. lett. de Toulouse. 7. S. VIII. IX.

Nachrichten von der K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen 1877.

Proceedings of the Royal Soc. of London XXV. 175—178. XXVI. 179—182.

Von der Royal Society of New-South-Wales in Sydney:

Russel: Climate of N.-S.-W.

Report of the Council of education for 1876.

Journal and Proceedings of the R. S. X. 1876.

Robinson: The progress and resources of N. S. W. 1877.

Ridley: Kámilarói and other australian languages. 1875.

Annual report of the department of mines. 1876.

Rae: Report on the Railways.

L'Empire du Brésil à l'exposition universelle de 1876 à Philadelphie.

Von der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften in Marburg:

Sitzungsberichte. 1876. 1877.

Speck: Untersuchungen über die Wirkung des veränd. Luftdrucks auf den Athemprocess.

C. Müller: Untersuchungen über einseitig freischwingende Membranen.

E. Hess: Ueber die zugleich gleicheckigen und gleichflächigen Polyeder.

Der Zoologische Garten. 1877. 4—6. Frankfurt.

Correspondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga. XXII.

Von der Ungar. Königl. naturwissensch. Gesellschaft zu Budapest:
Stahlberger: Die Ebbe und Fluth in der Rhede von Fiume.
Krenner: Die Eishöhle von Dobschau.
Horváth: Monographia Lygaeidarum Hungariae.
Hermann: Ungarns Spinnenfauna. I. II.
Bartsch: Rotatoria Hungariae.
Kerpely: Ungarns Eisenerze (ung.).
Kosutány: Ungarns Tabak (ung.).

Atti della R. Accademia dei Lincei. Anno 274 (1876/77). Memorie I. 1 u. 2. Transunti: I. II. 2 u. 4. Roma.

I. Bericht des naturw. Vereines in Aussig a. d. Elbe.

Mémoires de l'Académie des sciences et lettres de Montpellier. Sciences. IX. 1.

Mémoires de la Soc. nat. des sciences naturelles de Cherbourg. XX.

Annales de la Soc. entomologique de Belgique. XX. Bruxelles.

Mittheilungen des naturw. Vereines für Steiermark. 1877. Graz.

Sitzungsberichte der naturforsch. Gesellschaft zu Leipzig. IV. 2—10.

8. Jahresbericht des naturw. Vereins zu Magdeburg.

Vom Naturhist. Verein in Augsburg: Caflisch, Excursionsflora.

Zeitschrift für die gesammt. Naturw. v. C. G. Giebel. III. F. I.

Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde. XXIX u. XXX.

Verhandlungen der Naturf. Gesellschaft in Basel. VI. 3.

Bollettino del R. Comitato geologico d'Italia. VIII. 1877. Roma.

Bericht über die Sitzungen der Naturf. Gesellschaft zu Halle für 1876.

Atti della Soc. Veneto-Trentina di scienze nat. in Padova. V. 2. 1877.

XXIV. u. XXV. Bericht des Vereins für Naturkunde zu Cassel.

Legrand, la nouvelle société Indo-Chinoise. Paris. 1878.

Notizblatt des Vereins für Erdkunde in Darmstadt. III. F. 16.

Verhandlungen des naturforsch. Vereins in Brünn. XV. 1. 2.

Abhandlungen, herausgegeb. v. naturw. Vereine zu Bremen. V. 3. 4, Beil. 6, die Valenztheorie v. Dr. O. Hergt.

Zur Histologie der Nervenfaser und des Axencylinders.

Vorläufige Mittheilung

von Dr. Th. Rumpf.

Ewald und Kühne [1]) haben vor längerer Zeit in dem Nervenmark ein neues Scheidensystem nachgewiesen aus zwei ineindergesteckten Röhren bestehend, von welchen die äussere das Nervenmark von der Schwann'schen Scheide trennte, während die innere den Axencylinder umhüllte. Zwischen beiden liessen sich noch einzelne Verbindungsbalken desselben Gewebes nachweisen. Die Untersuchung durch die Verdauungsmethoden ergab, dass diese Scheiden ihrer chemischen Natur nach dem Horngewebe zugehören. Ich kann den von Ewald und Kühne zur Darstellung dieser empfohlenen Methoden zwei neue hinzufügen.

Die erste beruht auf der Entfernung der Fette des Markes durch Chloroform, das Tizzoni [2]), ohne genauere Details anzugeben, in einer vorläufigen Mittheilung empfohlen hat. Die Schwierigkeit bei Verwendung desselben beruht darin, dass Chloroform sich nur schlecht mit wässerigen Flüssigkeiten mischt und so nur langsam in den Nerven eindringt. Man kann dieses Eindringen durch vorhergehendes kurzes Entwässern der Nerven in Alkohol beschleunigen. Indessen war es wünschenswerth, die Wirkung dieses letzteren möglichst auszuschliessen, die auch vermieden werden konnte, indem gut zerzupfte Nerven im

[1]) Verhandlungen d. naturhistorisch-medicin. Vereins zu Heidelberg: Ueber einen neuen Bestandtheil des Nervensystems. Neue Folge, Bd. I.

[2]) Centralblatt f. d. medicinischen Wissenschaften. 1878. Nr. XIII.

Lauf von 24 Stunden ihre Flüssigkeit an das Chloroform abgaben, das dadurch ein milchiges Aussehen annahm. Bei weiterer Verfolgung der Chloroformwirkung zeigte sich, dass ein Theil des Markes, das Cerebrin, von diesem erst bei höheren Temperaturen gelöst wird. Es wurde desshalb der entwässerte Nerv, in eine Glasröhre mit Chloroform eingeschlossen, im Wasserbad 15—30 Minuten auf der Siedetemperatur des Wassers erhalten. Nach dem Erkalten war zum Auswaschen des Chloroforms wieder längeres Liegen in Wasser nothwendig. Die Entmarkung mit Chloroform hat vor der bequemeren Alkohol-Aetherbehandlung den Vorzug, dass bei ihr auch ohne nachträgliche Entfernung des Axencylinders durch die Verdauung die innere Hornscheide oder Axencylinderscheide neben dem Axencylinder sichtbar ist. Während dieser sich als spiralförmig gewundenes Gebilde darbietet, folgt die Axencylinderscheide diesen Krümmungen und Einbiegungen nicht, sondern umhüllt dieses gebogene Gebilde als weiterer nur in kaum sichtbarem Grade den Contouren des Axencylinders folgender Mantel. Um diese beiden centralen Gebilde, durch den Hohlraum für das Nervenmark von ihnen getrennt, folgt nun die äussere weitmaschige Scheide, wie sie von Ewald und Kühne als der Schwann'schen Scheide anliegend beschrieben ist.

Die zweite Methode betrifft wesentlich die Darstellung der äussern Scheide; sie besteht in der Untersuchung der frischen Nervenfasern unter Einwirkung von destillirtem Wasser. Seit lange ist es bekannt, dass unter der Einwirkung dieses Reagens Strömungserscheinungen des Markes auftreten, das nach dem Schnittende der Faser sich ergiesst und hier austritt.

Boll[1]) und Ranvier[2]), welche denselben in neuerer Zeit wieder einige Aufmerksamkeit zugewendet haben, beziehen diese Vorgänge im Mark einzig auf eine primäre Veränderung dieses. Entgegen dieser Anschauung möchte ich einen Theil dieser Erscheinungen auf eine Quellung des Axencylinders beziehen, der mit der fortschreiten-

[1]) Die Zersetzungsbilder d. markhaltigen Nervenfaser. Archiv f. Anat. u. Physiol. anat. Abth. 1877. S. 288.

[2]) Ranvier, leçons sur l'histologie du système nerveux, Paris, 1878.

den Entleerung der Scheiden als ein stark gequollenes centrales Gebilde hervortritt.

Untersucht man Nerven, die gut zerzupft 24 Stunden in destillirtem Wasser gelegen haben, so ist der breite Axencylinder, wie er sich bei directer Beobachtung auf dem Objectträger darbot, nicht mehr vorhanden; man sieht statt dessen in der Faser ein weit schmäleres, hie und da gestreiftes oder gefaltetes Gebilde, das vielfach von einer feinkörnigen Masse umgeben, an einzelnen Stellen auch durch grössere Markreste verdeckt ist. Das Ganze umschliesst eine innerhalb der mehr oder weniger weiten Schwann'schen Scheide gelegene und von dieser deutlich unterschiedene Hülle, die die ganz gleiche, meist nur etwas regelmässigere Zeichnung aufweist, wie sie sich nach der Alkohol-Aetherbehandlung an der sogenannten äusseren Hornscheide darbietet.

Diese Darstellung der äussern Scheide dürfte um so wichtiger erscheinen, als der Verdacht nahe lag, dass jene maschige Zeichnung, wie sie sich nach der Behandlung mit siedendem Alkohol und Chloroform darbietet, einer durch die hohe Temperatur bedingten Schrumpfung ihre Entstehung verdanke. Der Axencylinder tritt bei dieser Behandlung, wie schon erwähnt, nicht hervor.

In den mit Alkohol und Aether oder Chloroform entmarkten Nerven zeigt sich dieser als ein gleichmässiges, feingranulirtes Gebilde ohne irgend nachweisbare fibrilläre Streifung. Behandelt man den entmarkten Nerven mit dem Millon'schen Reagens, so färbt sich bei einiger Vorsicht derselbe dunkelroth und die mikroskopische Untersuchung lässt in den hellroth gefärbten Scheiden den dunkleren Axencylinder erkennen. Noch deutlicher tritt die Färbung an solchen Axencylindern hervor, die aus den Scheiden hervorragen und um die auch eine innere Scheide sich nicht mehr nachweisen lässt. Die übrigen Eiweissreagentien erwiesen sich in ihrer Färbekraft viel zu wenig intensiv. Doch dürfte die Färbung mit dem Millon'schen Reagens zur Erklärung der Eiweissnatur des Axencylinders genügen.

Bei der weiteren Untersuchung zeigte sich, dass unter den Gebilden, welche sich nach den verschiedenen Behandlungsmethoden als Axencylinder darbieten, wesentlich unterschieden werden muss.

Während wir in dem frischen oder mit indifferenten Reagentien behandelten Nerven den Axencylinder als Eiweisskörper von löslicher Form vor uns haben, ist derselbe nach der Behandlung mit Alkohol und Aether, Chloroform sowie der Einwirkung von Chromsäure, Müller'scher Flüssigkeit ein unlösliches Coagulat.

Von Lösungsmitteln für den frischen Axencylinder ist uns bis jetzt nur die Galle bekannt, deren Einwirkung Kühne auch bei seinen Untersuchungen über den Sehpurpur gedenkt. Der coagulirte Axencylinder des entmarkten Nerven löst sich, wie ich constatiren konnte, nicht in ihr.

Ausserordentlich rasch wirken zwei weitere Reagentien auf den frischen Nerven, destillirtes Wasser und Kalilauge von 0,1 %. Bei beiden tritt zunächst eine beträchtliche Quellung des Axencylinders auf, der im Lauf einiger Stunden die vollständige Auflösung folgt. Der mit Alkohol und Aether entmarkte Nerv zeigt unter der Einwirkung von destillirtem Wasser keine Veränderung; in Kalilauge findet eine Quellung des Axencylinders Statt, ohne dass jedoch selbst nach längerem Liegen in dem Reagens eine Auflösung folgte. Auch die übrigen Coagulate werden in keiner Weise gelöst.

Unter der Behandlung mit Essigsäure von 2 % erleidet der Axencylinder des frischen sowohl, als des entmarkten Nerven eine beträchtliche Quellung; eine Lösung erfolgt jedoch nicht. Erst nach längerem Kochen mit der Essigsäure wird, wie schon Kölliker angibt, der Axencylinder des frischen Nerven gelöst, während sich dieser im Alkohol-Aether-Nerven noch deutlich als unregelmässig gequollene Masse in der innern Hornscheide nachweisen lässt.

Salzsäure von 0,1 % wirkte nur sehr langsam auf den Nerven ein; nach 24stündiger Einwirkung sind nur die am meisten zugänglichen Axencylinder des frischen Nerven gelöst, während eine Einwirkung auf den Alkohol-Aether-Nerven gar nicht zu constatiren ist.

Von wesentlicher Bedeutung wurde für uns ein anderes Reagens, zu dessen Anwendung die vielfach vermuthete Aehnlichkeit des Axencylinders mit der Muskelfibrille Veranlassung gab. Doch wirkt die 5—10 % Kochsalzlösung, das bekannte Lösungsmittel für deren

chemisch wichtigsten Körper, das Myosin nur schrumpfend auf den Axencylinder. Gelöst wird derselbe erst bei einem Gehalt von $^3/_4$ % NaCl und weniger. Bei ersterem bedarf es zur Lösung meist 48 Stunden, bei geringerem Gehalt kürzerer Zeit.

Nach dieser Löslichkeit des frischen Axencylinders in den sogenannten physiologischen Kochsalzlösungen lag es nahe, den frischen Nerv unter der Einwirkung von Lymphe zu untersuchen. In dieser lässt sich nach 24 Stunden eine beträchtliche Quellung und nach 48—72 Stunden gleichfalls Lösung constatiren.

Ganz dieselben Erscheinungen wie ausserhalb des Körpers treten auch am Nerven in situ auf, wenn derselbe doppelt durchschnitten, also von Centrum und Peripherie getrennt im Körper der Einwirkung der Lymphe unterliegt. Auch hier beginnt der Process mit einer Quellung, die nach 24 Stunden ziemlich beträchtlich ist. Dieser gequollene Axencylinder wird ebensowenig wie der durch Kalilauge und Essigsäure gequollene durch siedenden Alkohol und Aether zum Schrumpfen gebracht. Der Quellung folgt die allmähliche Auflösung, die selbstverständlich je nach der Menge der Gewebsflüssigkeit und der leichten Zugänglichkeit verschieden lange Zeit dauert. Beim Frosch findet sich nach 4—5 Tagen in einem nicht zu langen doppelt durchschnittenen Stück keine Spur eines Axencylinders mehr. Nach 3 Tagen sieht man hie und da noch geringe Reste.

In einem längeren Stück bedarf es zur Auflösung des von dem Schnittende sehr weit entfernten gequollenen Axencylinders längerer Zeit.

Diese Thatsachen dürften für unsere Auffassung von der Ernährung des Axencylinders von einiger Bedeutung sein. Denn da der mit dem Centralorgan in Verbindung stehende Nerv lange Zeit gar keine, wenigstens keine degenerativen Veränderungen eingeht, das periphere Stück hingegen erst im Lauf längerer Zeit einem langsamen stückweisen Absterben anheimfällt, so folgt, dass sowohl vom centralen als vom peripheren Endorgan aus eine ständige Ernährung des Axencylinders Statt hat[1]).

---

[1]) Auf die Bedeutung dieser und der vorhergehenden Beobachtungen habe ich schon auf der Versammlung südwestdeutscher Neurologen und Irrenärzte in Wildbad hingewiesen.

Der mit siedendem Alkohol und Aether oder Chloroform behandelte Axencylinder wird weder durch Kochsalzlösungen noch durch Lymphe gelöst. Das Gleiche ist auch der Fall mit dem nur durch längere Einwirkung von kaltem Alkohol und Aether entmarkten Nerven oder nach Liegen in Chromsäure oder Müller'scher Flüssigkeit. Ebenso entsteht aber auch ein unlösliches Coagulat des Axencylinders durch höhere Temperaturen. Die Gewinnungstemperatur ist für die Untersuchungsflüssigkeiten verschieden: in Kochsalzlösungen von $^1/_2$ $^0/_0$ bei $^1/_2$ stündiger Einwirkung von 50° C., in destillirtem Wasser bei 51°—52° C.

In ihrem Volumen vergrösserte Axencylinder sind schon mehrfach in Begleitung acut entzündlicher Processe beobachtet worden, wurden jedoch wesentlich auf eine Hypertrophie bezogen. Friedrich Schultze (Virchow's Archiv, Bd. 73, Jahrg. 1878) ist bis jetzt wohl der Einzige, der in ihnen ein Vorstadium des Zerfalls sieht.

Heidelberg, den 15. Juli 1878.

Verbrennungserscheinungen bei Gasen. III.

Von Professor A. Horstmann.

(Hierzu eine Tafel.)

In zwei Abhandlungen, welche ich früher schon unter dem gleichen Titel in diesen „Verhandlungen“ (Bd. I, S. 177 u. Bd. II, S. 33) veröffentlicht habe, sind Versuche beschrieben, bei welchen im geschlossenen Eudiometer Gemische von Wasserstoff und Kohlenoxyd verbrannt wurden mit einer Sauerstoffmenge, welche zur vollständigen Verbrennung nicht hinreichend war. Es sollte dabei die Vertheilung des Sauerstoffs unter die beiden brennbaren Gase ermittelt werden, um daraus auf die Gesetze der chemischen Verwandtschaft Schlüsse ziehen zu können. Meine bisherigen Beobachtungen haben in der That gewisse Gesetzmässigkeiten ergeben, durch welche die Vertheilung des Sauerstoffs beherrscht wird und sie haben wahrscheinlich gemacht, dass die Vertheilung modificirt wird, wenn die Verbrennungsproducte (Wasserdampf und Kohlensäure) schon vor der Verbrennung zugegen sind. Für Wasserdampf lässt sich dieser Einfluss nur schwierig weiter verfolgen, als es durch meine bereits mitgetheilten Versuche geschehen ist. Der Einfluss der Kohlensäure dagegen konnte leicht näher untersucht werden durch Versuche, wie sie im Folgenden beschrieben sind.

Die Versuche sind, wo nichts Besonderes bemerkt ist, in ganz ähnlicher Weise ausgeführt wie früher. Ich kann mich daher auch bei der Mittheilung der Ergebnisse derselben Bezeichnungen bedienen wie in den vorhergehenden Abhandlungen. Die Zusammensetzung der Gasmischungen vor der Verbrennung wird in der Art angegeben werden, dass die Summe der Volume der brennbaren Gase (Wasserstoff

und Kohlenoxyd) als Einheit genommen, mit β das Verhältniss derselben (Wasserstoff : Kohlenoxyd), und mit α die doppelte Menge des vorhandenen Sauerstoffs in der gewählten Einheit, bezeichnet wird. α bedeutet demnach zugleich denjenigen Bruchtheil der brennbaren Gase, der wirklich verbrennen kann, und die Menge der entstehenden Verbrennungsproducte. Für Gasmischungen, welche Wasserstoff und Sauerstoff als Knallgas enthalten, ist ausserdem α gleich dem Volum des Wasserstoffs.

Mit z wird das Verhältniss der Verbrennungsproducte (Wasserdampf: Kohlensäure) bezeichnet, ferner mit β' das Verhältniss der unverbrannten Mengen der brennbaren Gase (Wasserstoff : Kohlenoxyd) nach der Verbrennung, und mit γ der Quotient $z : \beta'$, welcher unter dem Namen des Affinitätscoefficienten bei der Discussion der Versuche, wie früher, von Bedeutung ist.

Enthält die Gasmischung ausser Wasserstoff, Kohlenoxyd und Sauerstoff noch einen Zusatz eines andern Gases, so ist das Volum desselben gleichfalls in der gewählten Einheit angegeben. Als Mass für die relative Sauerstoffmenge im Verhältniss zur Gesammtmenge der anderen Gase dient bei solchen Mischungen $\alpha' = \alpha : 1 + n$, wenn n die Menge jenes zugesetzten Gases ist.

Mit der hier festgesetzten Bedeutung werden die eingeführten Zeichen im Folgenden stets gebraucht werden. Alle Angaben über die Menge der angewendeten Gase beziehen sich dabei auf das Volum unter gleichem Druck und gleicher Temperatur.

Den früheren Beobachtungen parallel operirte ich zuerst mit Gemischen von Knallgas und Kohlenoxyd und stellte mit denselben gelegentlich auch Versuche ohne Kohlensäurezusatz an, welche ich hier vorab mittheilen will zum Vergleich mit meinen älteren und mit den inzwischen von anderer Seite veröffentlichten gleichartigen Versuchen. Meine Beobachtungen sind mit denselben Eudiometern angestellt, welche schon bei den Versuchen mit Kohlenoxyd-Wasserstoffgemischen gedient haben, und möglichst gute Vergleichbarkeit mit letzteren wurde überhaupt angestrebt, u. a. namentlich dadurch, dass auch das elektrolyt. Knallgas in grösserer Menge vorräthig entwickelt, und im Gaso-

meter mit Phosphorsäure getrocknet wurde, während es bei den älteren Versuchen aus dem Entwicklungsapparat über Schwefelsäure direct in das Eudiometer gelangte. Die Differenz, welche sich früher zwischen den Knallgas-Kohlenoxydversuchen und denjenigen mit Kohlenoxyd-Wasserstoffmischungen zeigte [1]), ist durch die gebrauchte Vorsicht in der That wesentlich kleiner geworden, wie man sich in der folgenden Tabelle I überzeugen kann. Ich habe darin die Werthe des Verhältnisses z zusammengestellt, 1) wie sie bei den in Rede stehenden Versuchen gefunden wurden, 2) wie sie sich für gleiche α nach den älteren Versuchen mit Knallgas und Kohlenoxyd durch Interpolation ergeben [2]), 3) wie sie sich nach den Versuchen mit Kohlenoxyd-Wasserstoffgemischen nach den aufgestellten Beziehungen berechnen [3]).

In der gleichen Weise finden sich in den Tabellen II und III die Versuche von Bunsen [4]) und von Lothar Meyer [5]) mit Knallgas und Kohlenoxyd mit meinen beiden älteren Versuchsreihen verglichen. Man kann aus der Vergleichung ersehen, wie weit derartige Versuche, nach verschiedenen Methoden und von verschiedenen Beobachtern angestellt, untereinander übereinstimmen. Bei Bunsens Versuchen ist die Entzündung des Gasgemisches auf besondere Art bewerkstelligt. Es scheint nicht, dass dadurch die Werthe von z merklich verändert werden.

Einige weitere gelegentliche Beobachtungen will ich noch vorausschicken, welche die Grenze der Verbrennlichkeit betreffen. Bunsen [6]) hat bestimmt, wie viel Sauerstoff, Wasserstoff oder Kohlensäure man zu einem Volum Wasserstoffknallgas hinzufügen darf, ohne dessen Entzündlichkeit zu vernichten. Da für Kohlenoxyd und für Gemische der genannten Gase derartige Bestimmungen nicht vorliegen, so darf ich wohl einige Beobachtungen mittheilen, bei welchen zufällig die Ver-

---

[1]) A. a. O. Bd. II, S. 43.
[2]) A. a. O. Bd. I, S. 181.
[3]) A. a. O. Bd. II, S. 46.
[4]) Gasometr. Methoden. 2. Aufl. 1877, S. 353.
[5]) Ber. d. d. chem. Ges. 1877, Bd. X, S. 2117.
[6]) Gas. Methoden 1. Aufl. 1857, S. 260.

Tabelle I.

Neue Versuche mit Knallgas-Kohlenoxyd.

Nr. des Vers.	α	z		
		1	2	3
1	0,157	0,43	—	—
25	0,212	0,76	0,87	0,75
27	0,371	1,74	1,83	1,73
14	0,468	2,22	2,44	2,30
24	0,468	2,20	2,44	2,30
9	0,527	2,69	2,86	2,64
4	0,569	3,01	3,18	2,90
13	0,573	3,11	3,27	2,98
26	0,717	4,61	—	4,37

Tabelle II.

Versuche von Bunsen.

Nr. des Vers.	α	z		
		1	2	3
1	0,214	0,85	0,88	0,76
2	0,251	1,08	1,11	0,96
3	0,291	1,28	1,36	1,21
4	0,284	1,29	1,33	1,17
5	0,339	1,53	1,63	1,54
6	0,415	1,83	2,10	2,00

Tabelle III.

Lothar Meyer's Versuche.[1]

Nr. des Vers.	α	z		
		1	2	3
1	0,254	1,00	1,13	0,98
2	0,276	1,15	1,27	1,12
5	0,393	1,81	1,97	1,87
6	0,407	2,21	2,04	1,95
7	0,527	2,28	2,86	2,64

[1]) Nr. 3 und 4 sind hier nicht vergleichbar.

brennlichkeitsgrenze überschritten wurde, und die wenigstens eine angenäherte Bestimmung derselben gestatten. Ich stelle dieselben mit den Bunsen'schen für H und CO_2 in folgender Tabelle IV, die wohl ohne Weiteres verständlich ist, zusammen. In der vorletzten Spalte derselben sind die betreffenden Werthe von α (bez. α') aufgeführt, damit man bei den anderen Versuchen, bei welchen jene Grössen ausschliesslich als Maass für den Sauerstoffgehalt dienen, die Entfernung von der Verbrennlichkeitsgrenze beurtheilen kann.

Tabelle IV.

Nr.	Ein Volum Wasserstoffknallgas mit				α (bez. α')	
	H	CO	CO_2	Ges.-Zus.		
—	3,37	—	—	3,37	0,165	verbrennt.
—	3,93	—	—	3,93	0,145	verbr. nicht.
—	—	—	2,82	2,82	0,191	verbrennt.
—	—	—	2,88	2,88	0,188	verbr. nicht.
1	—	3,58	—	3,58	0,157	verbrennt.
1	—	4,38	—	4,38	0,132	verbr. nicht.
22	—	0,76	2,02	2,78	0,194	verbrennt.
22	—	0,76	2,68	3,44	0,162	verbr. nicht.
57	0,97	—	1,65	2,62	0,202	verbrennt.
57	0,97	—	2,04	3,02	0,181	verbr. nicht.

Für Kohlenoxyd scheint die Verbrennlichkeitsgrenze nicht sehr verschieden von der für Wasserstoff. Aber es ist auffallend, dass sie bei Vers. Nr. 57 für ein Gemisch von etwa $^1/_3$ H und $^2/_3$ CO_2 noch dieselbe zu sein scheint, wie für reine CO_2, während sie doch für reinen Wasserstoff bedeutend höher ist. Dies hängt wahrscheinlich mit der Reduction der Kohlensäure und der damit verbundenen Wärmeabsorption zusammen, welche in derartigen Gemischen eintritt (siehe w. unten).

Die Versuche, welche den eigentlichen Gegenstand dieser Mittheilung machen, lassen sich leider trotz ihrer geringeren Anzahl nicht so leicht übersichtlich darstellen und discutiren, als die früheren, weil

die Versuchsbedingungen häufiger variiren. Ich werde zunächst in mehreren Gruppen das Beobachtungsmaterial zusammenstellen und danach die Beziehungen der Versuche untereinander und zu den früheren Beobachtungen und Betrachtungen untersuchen.

Wie schon erwähnt, sind die Versuche einer ersten Gruppe angestellt mit Gemischen von elektrolyt. Knallgas und Kohlenoxyd, welchen Kohlensäure in wechselnder Menge zugesetzt wurde. Die Mischungen wurden anfangs in einem kleinen getheilten und calibrirten Quecksilbergasometer angestellt, wie ich es in einer andern Arbeit (diese Verh. Bd. I, S. 472) kurz beschrieben habe, und in welchen die Zusammensetzung bei der Herstellung der Mischung unmittelbar gemessen werden konnte (Vers. 4—6 mit Mischung A., Vers. 9 und 10 mit Mischung B., Vers. 12 und 13 mit Mischung C.), später in einem grösseren ähnlich eingerichteten Gasometer ohne Theilung, wo dann die Zusammensetzung nachträglich ermittelt werden musste (Vers. Nr. 14 bis 24 mit Mischung D). Dies konnte leicht dadurch erreicht werden, dass man nach dem Versuch überschüssigen Sauerstoff hinzufügte und vollständig verbrannte. Aus der Contraction lässt sich die Zusammensetzung der Mischung berechnen unter der Voraussetzung, dass dieselbe nur reines Knallgas und Kohlenoxyd enthält, und durch Absorption der gebildeten Kohlensäure lässt sich die Reinheit controliren. Es fand sich für die Mischung D in 100 Volumtheilen bei Versuch

Nr.	14	17	21	24	
aus der	Contr.	Contr.	Contr.	Contr.	CO_2 Abs.
Vol. Kohlenoxyd	43,10;	43,01;	43,08;	43,18;	43,09.

Als Mittelwerth wurde angenommen, dass die Mischung D aus 43,09 Vol. Kohlenoxyd und 56,91 Vol. Knallgas mit 18,97 Sauerstoff besteht, welch' letzterer hinreicht, um 0,4682 von der Summe der brennbaren Gase zu verbrennen (α).

Die Mischung wurde, wie auch alle folgenden, im Gasometer durch Phosphorsäure getrocknet. Die früher beschriebene Art des Gasometerverschlusses schützte vor Verunreinigung während der Dauer der Versuchsreihe, wie die Kohlensäureabsorption bei dem letzten der angestellten Versuche (Nr. 24) bestätigt.

Die Kohlensäure wurde stets aus Kreide und conc. Schwefelsäure für mehrere Versuche vorräthig bereitet und ebenfalls in einem Quecksilbergasometer der erwähnten Art in Berührung mit Phosphorsäure aufbewahrt. Die Menge der zugesetzten Kohlensäure, in der festgesetzten Einheit ausgedrückt, wird im Folgenden stets mit r bezeichnet werden.

Die Tabelle V enthält für jede der angewendeten Knallgas-Kohlenoxydmischungen den Werth von α und dann in aufeinanderfolgenden Spalten mit entsprechender Ueberschrift: die Kohlensäuremengen r, nach deren Grösse die Versuche geordnet sind; die relativen Sauerstoffmengen $\alpha' = \alpha : 1 + r$; ferner die Werthe von γ und z, bei deren Berechnung die zugesetzte Kohlensäure zu der durch Verbrennung gebildeten hinzugefügt wurde aus Gründen, die später zu besprechen sind. Die chemische Wirkung wachsender Kohlensäuremengen wird daher durch die Veränderlichkeit von z nicht rein zur Anschauung gebracht. Um dieselbe für sich allein zu zeigen, ist in der letzten Spalte angegeben, welcher Bruchtheil des vorhandenen Kohlenoxyds bei den einzelnen Versuchen verbrennt. Dieser mit v bezeichnete Bruchtheil ist, wie man sieht, stets am grössten bei den zur Vergleichung beigefügten Versuchen ohne Kohlensäure. Der CO_2-Zusatz macht ausnahmslos die Menge des verbrannten Kohlenoxyds kleiner, ganz so, wie es meine früheren vorläufigen Versuche [1]) vermuthen liessen. Die Versuchsreihe mit der Mischung D gibt ein Bild, wie diese Wirkung von der Menge der zugesetzten Kohlensäure abhängt. Die Menge des verbrannten Kohlenoxydes vermindert sich anfangs sehr rasch, später langsamer und scheint schliesslich wieder etwas zu steigen. Die Aenderung erfolgt, wie man sich durch graphische Darstellung überzeugt, durchaus stetig und nicht sprungweise. Ich will hier gleich ein- für allemal bemerken, dass auch bei den folgenden Versuchsreihen nirgends eine sprungweise Aenderung sich annehmen liess oder gar gefordert wurde [2]).

---

[1]) A. a. O. Bd. I, S. 186.

[2]) Vgl. a. a. O. Bd. I, S. 188 u. Bd. II, S. 42, und E. v. Meyer, J. pr. Ch. (2) 18, 290.

Tabelle V.

Electrolyt. Knallgas und Kohlenoxyd mit Kohlensäure.

Nr.	r	α'	z	γ	v
		Mischung A. $\alpha = 0{,}5694$.			
4	—	0,569	3,01	6,11	0,330
6	0,186	0,480	1,78	7,11	0,200
5	0,384	0,411	1,15	7,36	0,135
		Mischung B. $\alpha = 0{,}5274$.			
9	—	0,527	2,69	6,20	0,303
10	1,079	0,254	0,42	3,43	0,109
		Mischung C. $\alpha = 0{,}5729$.			
13	—	0,573	3,11	6,42	0,326
12	0,773	0,323	0,65	5,79	0,101
		Mischung D. $\alpha = 0{,}4682$.			
14	—	0,468	2,22	5,90	0,273
24	—	0,468	2,20	5,81	0,275
21	0,073	0,436	1,84	6,52	0,220
17	0,195	0,392	1,31	6,27	0,173
15	0,371	0,342	0,88	5,28	0,143
18	0,424	0,329	0,81	5,33	0,132
23	0,652	0,283	0,56	4,10	0,120
16	0,941	0,241	0,41	3,38	0,108
19	1,162	0,216	0,33	2,61	0,113
20	1,216	0,211	0,31	2,15	0,125
22	1,420	0,193	0,27	1,92	0,123

Die beiden nächsten Versuchsreihen sind mit Gemischen aus Kohlenoxyd und Wasserstoff, welchen Sauerstoff und Kohlensäure im Eudiometer zugesetzt wurde, angestellt. Da bei den oben mitgetheilten Versuchen das Verhältniss β des Wasserstoffs zum Kohlenoxyd nahe gleich 1 ist, so habe ich für die jetzigen Versuche jenes Verhältniss möglichst verschieden von 1 gewählt und zwar der Vergleichung halber möglichst nahe dem grössten und kleinsten Werthe bei meinen früheren

Versuchen mit Kohlenoxyd - Wasserstoffgemischen. Die Mischungen wurden wieder in dem grossen Quecksilbergasometer für eine ganze Versuchsreihe vorräthig bereitet, mit Phosphorsäure getrocknet und durch Verpuffen mit überschüssigem Sauerstoff und Absorption der gebildeten Kohlensäure wie früher analysirt. Es fand sich für die Mischung E in 100 Volum bei Vers.

Nr.	28		32	35	
aus der	Contr.	CO_2 Abs.	Contr.	Contr.	CO_2 Abs.
Vol. Kohlenoxyd	74,62	74,38	75,14	74,72	74,39

im Mittel 74,65 % Kohlenoxyd, woraus sich $\beta = 0{,}3396$ berechnet, und für die Mischung F in 100 Vol. bei Vers.

Nr.	36		40	43	
aus der	Contr.	CO_2 Abs.	Contr.	Contr.	CO_2 Abs.
Vol. Kohlenoxyd	25,93	25,10	25,50	25,51	25,16

im Mittel 25,45 % Kohlenoxyd, woraus sich $\beta = 2{,}929$ berechnet.

Ich hätte gern auch den Sauerstoff der Mischung im Gasometer zugefügt, so dass derselbe bei allen Versuchen einer Reihe im gleichen Verhältniss vorhanden und nur die Kohlensäuremenge variabel gewesen wäre. Allein es würde dadurch nöthig geworden sein, die Absorption der Kohlensäure nach der vollständigen Verbrennung heranzuziehen, zur Gewinnung der nothwendigen Daten für die Zusammensetzung, statt zur Controle für die Reinheit der Mischung. Die Analyse wäre complicirter und zugleich weniger sicher geworden. Ich habe daher vorgezogen den Sauerstoff, wie die Kohlensäure, im Eudiometer erst zuzusetzen und dabei direct zu messen. Es wurde stets soviel Sauerstoff genommen, dass, wie bei den Versuchen mit Knallgas, etwa die Hälfte der brennbaren Gase verbrennen konnte. Bei diesem Verhältniss war einerseits für den Zusatz von Kohlensäure genügender Spielraum gegen die Grenze der Verbrennlichkeit hin offengelassen und doch blieb andererseits ein hinreichender Ueberschuss der brennbaren Gase unverbrannt, um die Wirkung der Kohlensäure nicht zu beengen.

Es gelingt nicht leicht, eine vorherbestimmte Zusammensetzung eines Gasgemisches im Eudiometer genau zu treffen. Darum schwankt der Sauerstoffgehalt bei den folgenden Versuchen nicht ganz unerheb-

lich. Um bei der Beurtheilung der Versuche den Einfluss dieser Schwankungen übersehen und eliminiren zu können, habe ich mit jeder der Kohlenoxyd-Wasserstoffmischungen zwei Versuche ohne Kohlensäurezusatz mit absichtlich verschiedenen Sauerstoffmengen angestellt und daraus für die anderen Versuche durch Interpolation berechnet, wie sich das Resultat ohne Kohlensäurezusatz gestaltet haben würde. Ich fand für die Mischung E, für welche $\beta = 0{,}3396$ ist, bei

Vers. Nr. 35; $\alpha = 0{,}482$; $z = 0{,}70$; $v = 0{,}380$;

Nr. 28; $\alpha = 0{,}572$; $z = 0{,}56$; $v = 0{,}490$.

Aus der Curve, welche das Ergebniss der Versuchsreihen II, III und IV meiner zweiten Mittheilung wiedergiebt, und für welche im Mittel $\beta = 0{,}3553$ ist, findet sich

$\alpha = 0{,}482$; $z = 0{,}75$; $v = 0{,}373$;

$\alpha = 0{,}572$; $z = 0{,}63$; $v = 0{,}476$.

Man sieht, dass gute Uebereinstimmung besteht. Entsprechend den Werthen von β sind die z etwas kleiner, die v etwas grösser bei den Versuchen wie nach der Curve, die Art der Abhängigkeit von α ist aber die gleiche. Man darf daher erwarten, dass man für naheliegende α die Menge des verbrannten Kohlenoxyds mit hinreichender Genauigkeit nach jenen beiden Versuchen bestimmen kann.

Für die Mischung F, für welche $\beta = 2{,}929$ ist, fand sich

Nr. 36; $\alpha = 0{,}507$; $z = 9{,}43$; $v = 0{,}191$;

Nr. 40; $\alpha = 0{,}557$; $z = 8{,}55$; $v = 0{,}229$.

Zum Vergleich kann die Curve für die Versuchsreihe IX, für welche $\beta = 3{,}031$ ist, dienen. Dieselbe giebt

$\alpha = 0{,}507$; $z = 9{,}17$; $v = 0{,}201$;

$\alpha = 0{,}557$; $z = 8{,}07$; $v = 0{,}278$.

Die Uebereinstimmung ist hier nicht so gut, doch deuten auch hier die gefundenen z eine Richtung an parallel der Curve, und ich habe die Versuche desshalb in derselben Weise wie oben zur Berechnung der v für naheliegende α verwenden zu dürfen geglaubt. Da die gefundenen v kleiner sind als die nach der Curve bestimmten, während dieselben den Werthen von β gemäss grösser sein sollten, so sind auch die berechneten Mengen des verbrannten Kohlenoxyds wahrscheinlich etwas zu klein.

Die folgenden Tabellen VI enthalten die Versuche mit den Mischungen E und F, und zwar in den drei ersten Spalten, nach den Nr. der Versuche, die auf die Zusammensetzung der Gasmischungen vor der Verbrennung bezüglichen Werthe von α, r und α'; und in den drei folgenden das Ergebniss der Verbrennung ausgedrückt durch z, γ und v. Dann folgt, mit v_0 bezeichnet, die Menge des Kohlenoxydes, welche, nach den oben angeführten Versuchen durch lineare Interpolation berechnet, ohne Kohlensäurezusatz bei gleicher Sauerstoffmenge verbrannt sein würde, und endlich, in der letzten Spalte, die Differenz $v_0 - v$, welche gestattet, die chem. Wirkung der Kohlensäure bei den einzelnen Versuchen ohne Rücksicht auf die variable Sauerstoffmenge zu vergleichen.

Tabelle VI.

Nr.	α	r	α'	z	γ	v	v_0	$v_0 - v$
Mischung E (Kohlenoxyd und Wasserstoff, $\beta = 0,3396$) mit Sauerstoff und Kohlensäure.								
35	0,482	—	—	0,70	5,83	0,380	—	—
28	0,573	—	—	0,56	4,55	0,490	—	—
32	0,555	0,102	0,504	0,49	5,25	0,455	0,467	0,012
33	0,536	0,192	0,449	0,43	5,51	0,423	0,446	0,023
31	0,478	0,479	0,323	0,24	4,03	0,349	0,377	0,028
34	0,564	0,740	0,324	0,22	6,29	0,436	0,479	0,043
30	0,545	1,037	0,267	0,17	3,50	0,419	0,456	0,037
29	0,504	1,509	0,201	0,13	2,57	0,367	0,407	0,040
Mischung F (Kohlenoxyd und Wasserstoff, $\beta = 2,929$) mit Sauerstoff und Kohlensäure.								
36	0,507	—	—	9,43	6,78	+0,191	—	—
40	0,557	—	—	8,55	6,80	+0,229	—	—
41	0,614	0,111	0,553	4,50	6,92	+0,081	0,274	0,193
37	0,518	0,181	0,439	4,19	6,97	−0,181	0,198	0,379
38	0,564	0,399	0,403	2,02	6,69	−0,316	0,235	0,541
39	0,524	0,804	0,290	0,98	4,21	−0,519	0,204	0,713
44	0,456	1,193	0,208	0,59	1,88	−0,622	0,151	0,773
42	0,526	1,720	0,193	0,40	1,48	−0,466	0,205	0,661

Man sieht zunächst bei den Versuchen mit der Mischung E, dass die Menge des verbrannten Kohlenoxydes herabgedrückt wird, wie bei den zuerst mitgetheilten Versuchen. Die Differenz $v_0 - v$ ist überall positiv, sie wächst anfangs rasch mit der Kohlensäuremenge und scheint dann constant zu werden oder langsam abzunehmen. Die Wirkung ist jedoch viel schwächer als bei den Knallgasmischungen. Denn dort sank die Menge des verbrannten Kohlenoxyds von ca. 27 % auf 11 %, d. i. um ca. 16 % und hier nur um ca. 4 %. Wie sich später zeigen wird, hängt dies damit zusammen, dass die Mischung E zu etwa $^3/_4$ aus Kohlenoxyd und nur zu $^1/_4$ aus Wasserstoff besteht, während die Knallgasmischungen gleichviel von den beiden brennbaren Gasen enthielten. Bei der Mischung F, welche umgekehrt nur ca. $^1/_4$ Kohlenoxyd und $^3/_4$ Wasserstoff enthält, ist dem entsprechend die Wirkung der Kohlensäure viel grösser. Es verbrennen schon bei dem kleinsten Kohlensäurezusatz von dem vorhandenen Kohlenoxyd nur 8,1 statt 27,4, und bei allen andern Versuchen mit grösseren Kohlensäuremengen verbrennt gar kein Kohlenoxyd, es wird im Gegentheil Kohlensäure durch den überschüssigen Wasserstoff zu Kohlenoxyd reducirt. Man erkennt dies daran, dass die Contraction bei der Verbrennung grösser ist, als das dreifache Volum des vorhandenen Sauerstoffs. Die Gleichung für die Menge des verbrannten Kohlenoxydes liefert desshalb einen negativen Werth, welcher der absoluten Grösse nach gleich ist der Menge der reducirten Kohlensäure. In der obigen Tabelle sind demgemäss die durch Reduction erzeugten Kohlenoxydmengen als negativ verbrannte mit Minuszeichen bezeichnet. Die Differenz $v_0 - v$, die natürlich bei solchen Versuchen algebraisch zu nehmen ist, hat trotzdem dieselbe Bedeutung wie oben und lässt erkennen, dass auch hier die Wirkung der Kohlensäure anfangs rasch, später langsamer zunimmt bis zu einem Maximum, um darauf wieder etwas abzunehmen.

Die Thatsache, dass Kohlensäure durch Wasserstoff in hoher Temperatur reducirt werden kann, ist nicht neu und das angeführte Resultat daher nicht unerwartet [1]). Es lag im Gegentheil von vornherein im

[1]) Vergl. Bunsen, Ann. Chem. Ph., Bd. 85, S. 152.

Plan meiner Untersuchung, den Ueberschuss von Wasserstoff und Kohlensäure so zu steigern, dass Kohlenoxyd nicht mehr verbrennen kann und schliesslich Versuche anzustellen ohne Kohlenoxyd, nur mit Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlensäure, um zu erfahren, wie sich das Ergebniss bei der Reduction der Kohlensäure an die anderen Resultate anschliesst. Zwei Versuchsreihen letzterer Art habe ich ausgeführt. Es fand sich dabei stets die Contraction grösser als das Dreifache des Sauerstoffvolums, es wurde folglich stets ein Theil der Kohlensäure reducirt.

Bei der ersten dieser Versuchsreihen wurde der Vorrath der drei Gase getrennt in Gasometern aufbewahrt und erst im Eudiometer gemischt und gemessen. Ich habe dabei angestrebt, die Mengen von Wasserstoff und Kohlensäure in der Art variiren zu lassen, dass die Summe beider Gase im Verhältniss zum Sauerstoff möglichst gleich gross blieb. Die in der folgenden Tabelle VII aufgeführten Werthe von α' zeigen, wie weit dies gelungen ist. Diese Tabelle stellt das Ergebniss der Versuche dieser Reihe in ähnlicher Weise dar, wie die früheren. Sie enthält zunächst α und r, wobei jetzt natürlich das Volum des Wasserstoffs allein die Einheit bildet, da vor der Verbrennung gar kein Kohlenoxyd vorhanden ist; ferner nach α', die Werthe von z und γ, bei deren Berechnung jetzt nur noch solche Kohlensäure in Betracht kommen kann, welche schon vor der Verbrennung vorhanden war. In der letzten Spalte findet sich, mit ϱ bezeichnet, die Menge der reducirten Kohlensäure als Bruchtheil der Gesammtmenge r, welche bei diesen Versuchen als Maass für die chem. Wirkung dienen kann.

Die zweite der Versuchsreihen ohne Kohlenoxyd ist angestellt mit einer Mischung von Wasserstoff und Sauerstoff von constanter Zusammensetzung, welche durch Verbrennen ohne Kohlensäurezusatz leicht analysirt werden konnte. Es fand sich bei

Vers. Nr. 51 16,90 % Sauerstoff,
Vers. Nr. 58 16,85 „ „ ,
im Mittel 16,875 % Sauerstoff, woraus sich der für alle Versuche gleiche Werth von α zu 0,4060 berechnet. Das

Ergebniss dieser Versuchsreihe enthält die Tabelle VIII, welche ganz ebenso eingerichtet ist wie die vorhergehende.

Tabelle VII.

Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlensäure.

Nr.	α	r	α'	z	γ	ϱ
47	0,368	0,242	0,296	9,08	3,66	0,750
48	0,390	0,429	0,273	4,16	3,30	0,630
49	0,495	0,850	0,268	1,62	3,24	0,396
50	0,739	1,213	0,334	0,96	4,77	0,179
55	0,669	1,549	0,262	0,63	1,73	0,123
45	0,741	1,739	0,270	0,62	2,85	0,122
46	0,784	2,060	0,256	0,52	2,92	0,089

Tabelle VIII.

Mischung G (Wasserstoff und Sauerstoff, α=0,406) mit Kohlensäure.

Nr.	r	α'	z	γ	ϱ
56	0,099	0,369	31,38	5,14	0,843
53	0,193	0,340	15,53	5,56	0,812
54	0,394	0,291	4,84	3,69	0,652
59	0,808	0,224	1,47	1,67	0,391
57	1,007	0,202	0,94	0,83	0,276
52	1,054	0,198	0,85	0,68	0,250

Aus den beiden letzten Versuchsreihen kann man schliessen, dass ein um so grösserer Bruchtheil der Kohlensäure reducirt wird, je kleiner deren Gesammtmenge ist und je mehr der Wasserstoff überwiegt. Unter den günstigsten Umständen wurden bis 84 % reducirt.

Eine eingehende Vergleichung der im Obigen mitgetheilten Versuche mit Kohlensäure untereinander und mit den früheren ähnlichen Versuchen ohne Kohlensäure ist wohl nur in der Art möglich, dass

man sämmtliche Resultate unter gemeinsamen theoretischen Gesichtspunkten zusammenzufassen sucht. Da nun für die früheren Versuche ein Gesetz aufgestellt wurde, welches mit der Erfahrung befriedigend harmonirte, so wird man jetzt zunächst zu untersuchen haben, ob und wie jenes Gesetz auch bei Gegenwart von Kohlensäure angewendet werden kann und ob es event. durch die Erfahrung auch hier bestätigt wird. Jenes Gesetz verlangte, dass in dem Gasgemische, welches bei der Verbrennung entsteht, das Verhältniss der Mengen von Wasserdampf und Kohlensäure proportional sein solle dem Verhältniss der nicht verbrannten Mengen von Wasserstoff und Kohlenoxyd. Dabei waren aber früher Wasserdampf und Kohlensäure als Verbrennungsproducte aus den entsprechenden brennbaren Gasen entstanden, während jetzt Kohlensäure schon vor der Verbrennung gegenwärtig ist. Um das Gesetz auf den jetzigen Fall anwenden zu können, ist daher die Annahme nöthig, dass die Kohlensäure an dem resultirenden chem. Gleichgewicht in derselben Weise betheiligt sei, ob dieselbe zugesetzt wird oder durch Verbrennen entsteht. Unter dieser Annahme hat der Proportionalitätsfactor γ (der „Affinitätscoefficient"), welcher für sämmtliche Versuche in obigen Tabellen berechnet und mitgetheilt wurde, dieselbe Bedeutung hier wie früher und es kann desshalb einfach durch Vergleichung der Werthe von γ über die Gültigkeit jenes Gesetzes entschieden werden.

Der Affinitätscoefficient darf nun, wie sich gezeigt hat [1]), nicht als völlig unabhängig von den Versuchsbedingungen angenommen werden. Derselbe ändert sich vielmehr mit der relativen Menge des Sauerstoffs. Ich habe nicht versucht, diese Abhängigkeit in algebraischer Form durch eine Gleichung wiederzugeben, sondern nur in graphischer Darstellung durch eine Curve, wobei α als Maass für die Sauerstoffmenge, als Abscisse, benutzt wurde. Die früher mitgetheilte Curve war ziemlich willkürlich zwischen den Punkten hindurch gezogen, welche die aus den Versuchen berechneten Affinitätscoefficienten darstellten. Diese

[1]) A. a. O. Bd. II, S. 45.

Punkte liegen über ein ziemlich weites Gebiet zerstreut, weil die benutzten Werthe von γ durch eine Reihe von Rechnungsoperationen entstehen, welche die Fehler der direct beobachteten Grössen erheblich vergrössern. Schlägt man z. B. den wahrscheinlichen Fehler der gemessenen Gasvolume auf 0,2 % an, so wird im Durchschnitt der wahrscheinliche Fehler von γ mindestens 3 % und in demselben Maasse wachsen die Grenzen der wirklichen Fehler. Man wird daher überhaupt nicht viel mehr erlangen können als ein ungefähres Bild der Abhängigkeit des Affinitätscoefficienten von der relativen Sauerstoffmenge. Ich habe trotzdem im Hinblick auf die vorzunehmende Vergleichung versucht, die Gestalt der Curve in einer etwas mehr methodischen Weise zu bestimmen, indem ich zunächst für eine Anzahl von Abscissenpunkten Mittelwerthe der zugehörigen Ordinaten aus benachbarten Beobachtungen der verschiedenen Reihen aufsuchte und durch diese erst eine möglichst anschliessende Curve mit stetiger Krümmung hindurchzog. Die so erhaltene Curve ist von der früheren nicht wesentlich verschieden und sie muss selbstverständlich nach ihrer Entstehung in derselben Weise und so gut wie die alte, oder besser, die angenäherte Vorausberechnung der Versuchsergebnisse ermöglichen. Für die folgende Vergleichung war es vortheilhaft, dass die Curve mit Benutzung des Versuchs Nr. 1 dieser Mittheilung (Knallgas und Kohlenoxyd ohne Kohlensäure, $\gamma = 2{,}83$ für $\alpha = 0{,}157$) in der Richtung der kleiner werdenden α gegen früher etwas verlängert werden konnte, wobei freilich jener vereinzelten Beobachtung ein übermässiges Gewicht beigelegt wurde. Die Tabelle IX giebt für bestimmte α die Werthe von γ nach der neuen Curve und diese selbst, die im Folgenden „die Mittelcurve für γ“ genannt werden soll, ist in Fig. 1 graphisch dargestellt. Daneben sind in dasselbe Coordinatennetz die sämmtlichen Werthe des Affinitätscoefficienten eingetragen, aus welchen dieselbe abgeleitet ist, so dass man beurtheilen kann, wie weit die Curve als Ausdruck der Beobachtung gelten darf. Ich will dazu noch bemerken, dass die betheiligten Beobachtungen zwölf verschiedenen Reihen angehören und dass die grössten Unregelmässigkeiten, welche die graphische Darstellung zeigt, daher rühren, dass diese Reihen untereinander nicht

völlig vergleichbar sind. Die grössten der dargestellten Werthe von γ gehören z. B. sämmtlich den älteren Versuchen mit Knallgasgemischen an. Die Versuche der einzelnen Reihen für sich allein ordnen sich meist viel regelmässiger, als es nach der Gesammtdarstellung, wo auch die allen Versuchen einer Reihe gemeinsamen Fehler zum Vorschein kommen, scheinen mag. Derselbe Umstand macht sich bei den Versuchsreihen dieser Mittheilung fühlbar, wesshalb hier darauf hingewiesen wurde.

Tabelle IX.

α	γ	α	γ
0,15	2,68	0,45	6,12
0,20	3,80	0,50	5,88
0,25	4,83	0,55	5,64
0,30	5,65	0,60	5,38
0,35	6,16	0,65	5,11
0,40	6,35	0,70	4,85

Die „Mittelcurve für γ" hat man nach dem Vorstehenden als eine Zusammenfassung der Ergebnisse sämmtlicher Versuche mit Wasserstoff, Kohlenoxyd und Sauerstoff in Bezug auf den Affinitätscoefficienten zu betrachten und mit ihr sind daher die Affinitätscoefficienten zu vergleichen, welche sich für die Versuche mit Kohlensäurezusatz ergeben. Zu diesem Zweck müssen aber zunächst die zugehörigen Abscissen ermittelt werden, mit Rücksicht auf die zugesetzte Kohlensäuremenge. Ich habe nun in meiner früheren Mittheilung gezeigt [1], dass durch Zusatz von Stickstoff der Affinitätscoefficient in derselben Weise geändert wird, wie durch einen gleich grossen Zusatz von einem der beiden brennbaren Gase (Wasserstoff oder Kohlenoxyd). Man hat mit andern Worten bei Gegenwart von Stickstoff als Abscisse statt α den kleineren Werth von α' zu nehmen, welcher die relative Sauerstoffmenge darstellt, bezogen auf die Summe der brennbaren Gase plus Stickstoff als Einheit. Der Affinitätscoefficient erscheint dadurch in der Curve nach

[1]) A. a. O. Bd. II, S. 49.

dem Coordinatenursprung hin verschoben, um so mehr, je grösser der Zusatz ist, und dabei in seiner Grösse entsprechend der Form der Curve geändert. Etwas ähnliches gilt nun offenbar auch für den Zusatz der Kohlensäure. Die Versuche sind in obigen Tabellen in jeder Reihe nach steigendem Kohlensäurezusatz geordnet und für alle Versuche einer Reihe, mit Ausnahme der vorletzten in Tabelle VII, sind die sonstigen Bedingungen nahezu gleich. Man kann daher den ungefähren Zusammenhang zwischen Affinitätscoefficient und Kohlensäuremenge unmittelbar beurtheilen, und man erkennt, dass die γ für die kleinsten r so gross bleiben wie bei den zur Vergleichung beigesetzten Versuchen ohne Kohlensäure, oder etwas zunehmen, um dann für grössere r sehr rasch zu sinken, ganz ähnlich wie es nach der Gestalt der Curve und nach den Erfahrungen mit Stickstoff zu erwarten war. Ich mache besonders darauf aufmerksam, dass nach der Form der Mittelcurve γ durch den Zusatz eines Gases grösser werden muss, sobald für den correspondirenden Versuch ohne Zusatz α grösser ist als etwa 0,5 und sobald durch den Zusatz γ nicht über das Maximum der Curve, welches etwa bei 0,4 liegt, hinausgeschoben wird und dass dieses Grösserwerden unter solchen Umständen in der That sich mehrfach an den Versuchen constatiren lässt. Man vergleiche Vers. Nr. 5 und 6 gegen 4 und Nr. 21 und 17 gegen 14 und 24 in Tabelle V, Vers. Nr. 41 und 37 gegen 36 und 40 in Tabelle VII. Weniger deutlich zeigt sich die Erscheinung in Tabelle VI bei der Mischung E, wo überhaupt γ die grössten Unregelmässigkeiten zeigt. Auf die Möglichkeit dieser Erscheinung wurde aus der Form der Curve für γ schon bei den Versuchen mit Stickstoffzusatz geschlossen [1].

Was die absoluten Werthe der gefundenen γ betrifft, so kann man gleichfalls ohne Weiteres sehen, dass wenigstens die grösseren sich nicht zu weit von der Curve entfernen. Die kleinsten aber sind viel kleiner, als γ ohne Kohlensäurezusatz überhaupt gefunden wurde. Wie sich dieses Ergebniss mit der Curve vereinigen lässt,

---

[1]) A. a. O. Bd. II, S. 48.

kann man nur beurtheilen, wenn man für jedes γ die zugehörige Abscisse wirklich ermittelt hat.

Wenn nun die Kohlensäure sich genau wie der Stickstoff verhielte, so wäre die Ermittelung der Abscissen leicht. Man hätte, wie aus dem Gesagten hervorgeht, die Kohlensäure den brennbaren Gasen zuzuzählen und die doppelte Sauerstoffmenge in dieser vergrösserten Einheit auszudrücken. Man fände so als Abscissen die schon in den Tabellen aufgeführten Werthe von $\alpha' = \alpha : 1 + r$. Es ist aber von vornherein mehr als zweifelhaft, dass die Kohlensäure auf den Affinitätscoefficienten denselben Einfluss habe wie der Stickstoff oder die beiden brennbaren Gase, und die Bedenken gegen diese Annahme werden durch die Versuche der Tabelle VII unterstützt. Die Zusammensetzung der dort verwendeten Gasmischungen wechselt, wie bemerkt, in der Weise, dass die Kohlensäuremenge zu- und gleichzeitig die Wasserstoffmenge abnimmt, so dass ihre Summe möglichst nahe gleich bleibt. In Folge davon nimmt γ deutlich ab, während es gleich bleiben müsste, wenn Wasserstoff und Kohlensäure denselben Einfluss hätten. Die Vertauschung von Wasserstoff gegen Kohlensäure wirkt demnach so, als ob die Menge der nicht verbrennenden Gase vermehrt würde.

Ich habe nun früher ausdrücklich darauf hingewiesen, dass der Stickstoff und die beiden brennbaren Gase, mit welchen er ohne Aenderung des Affinitätscoefficienten vertauscht werden kann, nahezu die gleichen physikalischen Eigenschaften haben. Es war dabei vorzüglich an die specifische Wärme gedacht. Denn ich hatte die Vermuthung aufgestellt und begründet, dass der Affinitätscoefficient unmittelbar von der Verbrennungstemperatur abhänge resp. von derjenigen Temperatur, bei welcher sich der beobachtete Zustand herstellt, und nur mittelbar von α oder α', sofern nämlich jene Temperatur durch die relative Menge der Verbrennungsproducte, durch die Verbrennungswärme und die specifische Wärme bedingt sein muss. Die specifische Wärme der Kohlensäure, bei constantem Volum bezogen auf die Volumeinheit, wie sie hier in Betracht kommt, ist etwa um die Hälfte grösser als diejenige des Wasserstoffs, Kohlenoxyds oder Stickstoffs.

Dieser Unterschied kann demnach eine Wirkung hervorbringen in dem Sinne wie sie die Versuche der Tabelle VII zeigen. Soweit die specif. Wärme massgebend ist, müssen 2 Volum Kohlensäure denselben Einfluss auf den Affinitätscoefficienten haben, wie 3 Volum jener anderen Gase. Der gesuchte Werth der Abscissen wäre darnach $\alpha'' = \alpha : 1 + {}^{2}/_{3}\, r$.

Um zu entscheiden, ob durch diese Betrachtung die Uebereinstimmung der in Rede stehenden Affinitätscoefficienten mit der Mittelcurve besser gemacht wird, kann man entweder die gefundenen γ neben jene Curve mit α' und α'' als Abscissen in ein Coordinatennetz eintragen, oder aber man kann umgekehrt diejenigen Abscissenwerthe ermitteln, welche nach der Mittelcurve den gefundenen γ zukommen müssten, und diese mit α' und α'' vergleichen. Auf letzterem Weg wird am Besten deutlich, dass nicht alle Versuche zu dieser Vergleichung tauglich sind. Denn für alle solche Werthe von γ, welche sich nicht weit von dem Maximalwerthe der Mittelcurve entfernen, kann man nur sagen, dass sie dem oberen Theil jener Curve zugehören. Aber näher lässt sich die zugehörige Abscisse nicht bestimmen, weil sich in jenem ganzen oberen Theil γ kaum so viel ändert als der wahrscheinliche Fehler der beobachteten Werthe beträgt. Man muss sich daher für den gegenwärtigen Zweck auf die Versuche mit kleineren γ, welche zu dem steiler abfallenden Stück der Mittelcurve gehören, beschränken und da dies zugleich diejenigen mit grösserem Kohlensäurezusatz sind, für welche also der betrachtete Einfluss am stärksten hervortreten muss, so eignen sich dieselben in doppelter Beziehung am Besten zu der gesuchten Entscheidung.

Für alle Versuche, welche nach dem Gesagten in Betracht kommen, sind in folgender Tabelle X die gefundenen γ, nach ihrer Grösse geordnet ohne Rücksicht auf die verschiedenen Versuchsreihen, zusammengestellt. Daneben in der nächsten Spalte stehen die Werthe von α, welche nach der Mittelcurve zu den betr. γ als Abscissen gehören müssten. Für die kleinsten γ unter 2,8 konnten diese Abscissen nur durch Extrapolation gefunden werden, indem man das Curvenende geradlinig verlängerte. Die betr. Zahlen sind eingeklammert zum Zeichen ihrer geringeren Zuverlässigkeit.

Tabelle X.

Nr.	γ	α n. d. Curve	α'	α'''	z	t⁰
18	5,33	0,276	0,286	0,271	0,81	1680
15	5,28	0,274	0,301	0,284	0,88	1680
50	4,77	0,247	0,262	0,221	0,96	1530
39	4,21	0,220	0,237	0,202	0,98	1380
23	4,10	0,213	0,237	0,222	0,56	1350
31*	4,03	0,211	0,278	0,291	0,29	1350
54	3,69	0,194	0,255	0,190	4,84	1230
47	3,66	0,193	0,270	0,206	9,08	1230
30*	3,50	0,185	0,213	0,229	0,17	1170
10	3,42	0,182	0,201	0,187	0,42	1160
16	3,38	0,179	0,194	0,182	0,41	1150
48	3,30	0,176	0,237	0,174	4,16	1150
49	3,24	0,174	0,218	0,164	1,62	1140
46	2,92	0,160	0,192	0,162	0,52	1040
45	2,85	0,157	0,205	0,169	0,62	1030
19	2,61	(0,147)	0,171	0,160	0,33	(970)
29*	2,57	(0,144)	0,154	0,163	0,13	(940)
20	2,15	(0,127)	0,166	0,155	0,31	(860)
22	1,92	(0,118)	0,150	0,140	0,27	(800)
44	1,88	(0,115)	0,164	0,131	0,59	(780)
55	1,73	(0,108)	0,201	0,156	0,63	(750)
59	1,67	(0,105)	0,183	0,125	1,47	(740)
42	1,48	(0,097)	0,147	0,121	0,40	(690)
57	0,83	(0,073)	0,162	0,107	0,94	(550)
52	0,68	(0,064)	0,157	0,103	0,85	(500)

Vergleicht man die „α nach der Curve“ mit den entsprechenden α', welche man nach den Nr. der Versuche in den früheren Tabellen finden kann, so zeigt sich ohne Ausnahme, dass die letzteren zu gross sind. Das Gleiche lehrt übersichtlicher die Fig. 2, wo neben dem betr. Stück der Mittelcurve die γ der Tabelle X mit den zugehörigen α' als Abscissen graphisch dargestellt sind. Die darstellenden Punkte liegen alle auf derselben Seite der Curve,

nach rechts davon entfernt. Ein Unterschied in diesem Sinn war zu erwarten für den Fall, dass nicht α' sondern α'' der richtige Werth der Abscissen ist, weil α'' nach seiner Entstehung kleiner ist als α'. Aber die in der Tabelle X in der dritten Spalte aufgeführten Werthe von α'' sind, wie man sieht, ebenfalls noch ausnahmslos grösser als die „α nach der Curve“ und dem entsprechend liegen in Fig. 3, wo die α'' als Abscissen zur graphischen Darstellung der gef. γ benutzt sind, die darstellenden Punkte immer noch alle auf einer Seite, rechts, von der Mittelcurve. Sie sind freilich bedeutend näher herangerückt, als in Fig 2. Man könnte sogar, mit Rücksicht auf die allgemeine Unsicherheit der Werthe von γ und auf die durch den Kohlensäurezusatz veränderten Bedingungen bei den in Rede stehenden Versuchen, mit der erreichten Annäherung zufrieden sein, wenn nicht die gemeinsame Richtung aller Abweichungen auf eine gemeinsame Ursache derselben hinwiese. Jedenfalls kann man diese Annäherung als ein Argument für die Richtigkeit des Gedankens betrachten, auf welchen sich die Berechnung von α'' stützt, dass nämlich der Affinitätscoefficient unmittelbar nur von der Verbrennungstemperatur abhänge. Es liegt daher nahe, die noch bleibende Abweichung durch den Umstand zu erklären, dass der Kohlensäurezusatz noch in anderer Weise auf die Verbrennungstemperatur einwirken muss.

Der Kohlensäurezusatz vermindert, wie gezeigt wurde, die relative Menge des verbrannten Kohlenoxyds, vermehrt entsprechend die Menge des verbrannten Wasserstoffs und bewirkt sogar häufig die Bildung von Wasserdampf durch Reduction der Kohlensäure. Da nun, für gewöhnliche Temperatur wenigstens, die Kohlensäure bei ihrer Bildung mehr Wärme entwickelt als Wasserdampf, so muss durch jene Wirkung zugleich die Verbrennungswärme erniedrigt werden und es könnte darin die Ursache der gesuchten Abweichung zu suchen sein. Allerdings wechselt auch bei den Versuchen ohne Kohlensäure das Verhältniss der Verbrennungsproducte je nach der Zusammensetzung der angewendeten Mischungen. Der vermuthete Einfluss müsste demnach auch dort vorhanden sein, wo sich nichts davon

bemerklich machte. Es war aber immerhin denkbar, dass der Einfluss in jenem Falle zwischen Unregelmässigkeiten der Beobachtung verschwindet, während derselbe hier zu gross ist um übersehen zu werden. Ich habe versucht, in dieser Beziehung Aufschluss zu gewinnen, und was ich gefunden, scheint mir gut genug, um zu rechtfertigen, dass ich die angestellten Betrachtungen im Folgenden mittheile.

Nach den gegebenen Definitionen bedeutet z das Verhältniss des Wasserdampfs zur gesammten Kohlensäure, α die Summe der neu entstandenen Verbrennungsproducte und r die Menge der zugesetzten Kohlensäure. Daraus folgt die Menge des entstandenen Wasserdampfes $\frac{z(\alpha + r)}{1 + z} = \alpha p$, wenn die Menge des Wasserdampfes, die auf 1 Volum der Verbrennungsproducte kommt, gleich p gesetzt wird. Ist keine Kohlensäure zugesetzt, so hat man einfach $\frac{z}{1 + z} = p$. Bei den verschiedenen Versuchsreihen, welche zur Construction der Mittelcurve gedient haben, schwankt z in ziemlich weiten Grenzen. Aber nach der Voraussetzung kann dieselbe streng genommen nur für einen bestimmten Mittelwerth von z giltig sein. Dieser Mittelwerth soll mit z_0 und das entsprechende p mit p_0 bezeichnet werden. Ist nun in irgend einem Falle mehr oder weniger Wasserdampf entstanden, so dass p von p_0 verschieden ist, und bedeutet c die Wärmemenge, welche weniger frei wird, wenn ein Volum Wasserdampf statt ein Volum Kohlensäure entsteht, so ist $\alpha(p - p_0)c$ die Wärmemenge, welche in dem betr. Falle weniger frei wird, als nach Obigem bei der Construction der Mittelcurve vorausgesetzt wurde.

Auf die Verbrennungstemperatur muss eine solche Verminderung der entwickelten Wärmemenge denselben Einfluss haben, als ob bei der Verbrennung noch eine bestimmte Menge n eines Gases von der specifischen Wärme s beigemischt gewesen wäre, welche gerade die weniger entwickelte Wärme zu ihrer Erwärmung auf die wirklich stattfindende Verbrennungstemperatur t verbraucht hätte. Die Menge des Gases, welche dazu erforderlich, ist durch die Gleichung bestimmt

$$\alpha(p - p_0)c = n s t.$$

Ich mache nun mit Rücksicht auf den vermutheten Zusammenhang die Annahme, dass der Zusatz einer so bestimmten Gasmenge, wie auf die Verbrennungstemperatur, so auch auf den Affinitätscoefficienten denselben Einfluss habe, als die entsprechende Verminderung der entwickelten Wärme. Es ist dann leicht, für diese Verminderung eine Correction an den Abscissen der γ anzubringen. Man hat die Gasmenge n, nachdem die specifische Wärme s gleich der des Wasserstoffs oder Kohlenoxyds gesetzt ist, zu behandeln wie einen Zusatz von Stickstoff und findet demnach die für die verminderte Wärmeentwickelung corrigirte Abcisse

$$\alpha''' = \frac{\alpha}{1 + \frac{3}{2} r + n} = \frac{\alpha''}{1 + (p - p_0) \frac{\alpha'' c}{s t}}.$$

Was die numerischen Daten für die Correction betrifft, so hat man zunächst die Verbrennungswärmen, bezogen auf die gleich grossen Volume der Moleculargewichte für $CO = 66810$ Cal. und für H_2 58700 Cal. und folglich die Differenz beider $c = 8110$ Cal. Ferner ist die specif. Wärme s, den Versuchsbedingungen gemäss für constantes Volum und gleichfalls bezogen auf die Moleculargewichte, für Wasserstoff $=$ 4,82 und für Kohlenoxyd $= 4,88$. Ich setze daher im Mittel $s = 4,84$.

Die Verbrennungstemperatur lässt sich mit hinreichender Genauigkeit aus Beobachtungen von Bunsen [1]) bestimmen, welche ich schon früher [2]) graphisch dargestellt habe in einer Form, in welcher sie jetzt unmittelbar benutzt werden können. Es hat nämlich die relative Menge des Sauerstoffs in den verbrannten Gemischen in derselben Weise als Abscisse gedient wie bei der graphischen Darstellung von γ. Ich nehme nun als actuelle Verbrennungstemperatur diejenige, welche nach der aufgezeichneten Temperaturcurve dieselbe Abscisse hat, wie das betreffende γ nach der Mittelcurve. Dies entspricht der Voraussetzung, dass durch den Einfluss der zugesetzten Kohlensäure die Verbrennungstemperatur soweit herabgedrückt sei, als in einem Gemisch ohne Kohlen-

[1]) Gas. Method., 2. Aufl. 1877, S. 325.
[2]) A. a. O., Bd. II, S. 50 und Fig. 4 auf Taf. I.

säure mit einer relativen Sauerstoffmenge gleich „α nach der Curve“. Die ermittelten Temperaturen sind in der Tabelle X für die dortigen Versuche mitgetheilt. Für die kleinsten γ musste die Temperaturcurve gleichfalls über die Betrachtungen hinaus geradlinig verlängert werden und zwar bei denselben Versuchen, bei welchen auch „α nach der Curve“ nur durch Extrapolation sich bestimmen liess. Die Annäherung an die Wahrheit ist für den gegenwärtigen Zweck jedenfalls gut genug. Ob wirklich einige der angewendeten Gasmischungen mit Verbrennungstemperaturen bis zu 500° noch entzündlich sind, mag zweifelhaft sein. Doch erinnere ich daran, dass Bunsen[1]) auf directerem Wege die Verbrennlichkeitsgrenze für Knallgas mit Sauerstoffüberschuss zu 743° berechnet.

Das Verhältniss der Verbrennungsprodukte z schwankt bei den Versuchen ohne Kohlensäure ungefähr zwischen 0,5 und 12. Bei der Construction des betr. Stücks der Mittelcurve sind jedoch kleinere Werthe von z in viel grösserer Anzahl benutzt. Man muss daher annehmen, dass dieselbe beiläufig am Genauesten gilt für einen Mittelwerth $z_0 = 1{,}8$, woraus sich der Mittelwerth von p ergiebt $p_0 = 0{,}643$. Nimmt man nun für irgend einen bestimmten Werth von α den grössten Werth von z, z. B. aus den Versuchen ohne Kohlensäure mit der wasserstoffreichsten Mischung für $\alpha = 0{,}2$ — $z = 10{,}5$, so wird $p = 0{,}913$, $\alpha'' = \alpha = 0{,}2$, weil $r = 0$, und $t = 1250°$ und man findet die corrigirte Abscisse für das betreffende γ

$$\alpha''' = 0{,}2 : 1 + 0{,}079 = 0{,}186.$$

Nach der andern Seite hat man, als kleinsten Werth, bei den wasserstoffärmsten Mischungen mit Knallgas für $\alpha = 0{,}2$ $z = 0{,}8$. Es wird $p = 0{,}445$, kleiner als p_0; folglich verbrennt weniger Wasserstoff und wird mehr Wärme entwickelt, als bei Construction der Mittelcurve vorausgesetzt ist. Man findet $\alpha''' = 0{,}2 : 1 - 0{,}050 = 0{,}211$. Nach der Mittelcurve aber hätte man

für	$\alpha =$ 0,186	0,2	0,211
	$\gamma =$ 3,52	3,80	4,04.

[1]) Gas. Meth., 2. Aufl., S. 339.

Da diese Unterschiede nach verschiedenen Richtungen gehen und kaum die Fehlergrenzen von γ überschreiten und da bei den meisten Versuchen ohne Kohlensäure die Abweichungen bedeutend kleiner sind als bei den hier berechneten extremen Fällen, so darf man allerdings zugeben, dass dieselben neben der Unsicherheit von γ verloren gehen können.

Dieselbe Rechnung habe ich nun für alle Versuche der Tabelle X durchgeführt. Es lässt sich ohne Weiteres voraussehen, dass dabei in vielen Fällen die Correction bedeutend grösser ausfallen muss. Denn bei vielen jener Versuche besteht die ganze Menge der Verbrennungsproducte aus Wasserdampf und ausserdem wird noch Kohlensäure durch Wasserstoff reducirt, so dass p grösser als 1 wird. Es stellt sich in der That heraus, dass die Correction in fast allen Fällen so viel beträgt, als ohne Kohlensäure nur bei den angeführten äussersten Fällen und häufig zwei- bis dreimal so viel, und ferner, dass fast überall p grösser als p_0 und folglich α''' kleiner als α'' wird. Die Verminderung der entwickelten Wärme, welche der Kohlensäurezusatz bewirkt, kann also nach den gemachten Voraussetzungen wirklich die beobachteten Abweichungen nach Grösse und Richtung hervorgebracht haben und durch die entsprechende Correction werden dieselben zum grössten Theil beseitigt. In der Tabelle X sind die α''' für sämmtliche Versuche aufgeführt. Man sieht, dass sie viel besser mit den „α nach der Curve" übereinstimmen, als die α''. Ausgenommen sind unter 25 Versuchen nur drei mit Sternchen bezeichnete, aus der Versuchsreihe mit der Mischung E, welche auch sonst, wie schon bemerkt, grosse Unregelmässigkeiten zeigt. In der Fig. 7 sind die α''' als Abscissen für die graphische Darstellung benutzt und da erkennt man noch deutlicher, dass die darstellenden Punkte (die Kreuzchen) nicht nur näher an die Curve herangerückt, sondern auch untereinander dichter zusammengedrängt sind. Mit andern Worten, es beträgt im Allgemeinen die Correction am meisten gerade bei den Beobachtungen, welche für α'' noch am Weitesten von der Curve abstanden. Die graphische Darstellung wie die Tabelle weisen zwar noch immer vorwiegend kleine Abweichungen in derselben

Richtung auf wie früher; α''' ist meistens noch grösser als „α nach der Curve". Indess wird der Unterschied deutlich bemerkbar erst dort, wo die Mittelcurve über die Beobachtung hinaus (punktirt) verlängert ist, wo die „α nach der Curve" nur durch Extrapolation bestimmt werden konnten. Jene kleine Divergenz, welche auch für α''' noch bleibt, kann daher ebensogut von der Mittelcurve herrühren als von den andern Beobachtungen; denn die Curve stellt, nach dem früher Gesagten, den wahren Verlauf der Abhängigkeit zwischen α und γ nur in roher Annäherung dar. Man darf demnach mit der erreichten Uebereinstimmung vollkommen zufrieden sein.

Die angestellte Vergleichung ergiebt also, dass die Affinitätscoefficienten für die (bisher betrachteten) Versuche mit Kohlensäure, berechnet nach dem früher aufgestellten Gesetz, an die Mittelcurve für γ, welche das Ergebniss der Versuche ohne Kohlensäure darstellt, sich gut anschliessen, resp. dieselbe fortsetzen, wenn man auf die zugesetzte Kohlensäure, auf deren specifische Wärme und auf die Verminderung der Wärmeentwickelung, welche der Zusatz bewirkt, in der angegebenen Weise Rücksicht nimmt. Dadurch wird zunächst bewiesen, dass die Veränderlichkeit des Affinitätscoefficienten mit grosser Wahrscheinlichkeit auf die wahre Ursache zurückgeführt wurde. Man wird kaum mehr zweifeln dürfen, dass in der That der Affinitätscoefficient hauptsächlich von der Verbrennungstemperatur abhängt und von andern Umständen nur, soweit dieselben auf die Verbrennungstemperatur Einfluss haben. Nach den Angaben über die Verbrennungstemperaturen in Tab. X kann man sich ein ungefähres Bild von der Art jener Abhängigkeit machen. Der Affinitätscoefficient nimmt mit steigender Temperatur zu, soweit wenigstens als die bisher betrachteten Versuche reichen. Auffällig ist dabei, dass für die niedrigsten Temperaturen der Affinitätscoefficient kleiner als 1 wird. Dies bedeutet, dass umgekehrt wie bei hohen Temperaturen, relativ mehr Kohlenoxyd als Wasserstoff verbrennt. Wegen der Grenze der Entzündlichkeit lässt sich

dieses Resultat durch Versuche mit plötzlicher Verbrennung ohne Kohlensäure nicht bestätigen. Ich möchte aber daran erinnern, dass nach E. von Meyer [1]) bei der langsamen Oxydation durch Vermittlung von Platinmohr in gewöhnlicher Temperatur ebenfalls die Affinität des Sauerstoffs gegen Kohlenoxyd viel grösser zu sein scheint als gegen Wasserstoff.

Durch die Uebereinstimmung zwischen der Mittelcurve für γ und den Beobachtungen ist, wenn man die Berechtigung der Voraussetzungen anerkennt, durch welche dieselbe herbeigeführt wurde, ferner bewiesen, dass das chemische Gleichgewicht bei den jetzigen Versuchen sich nach demselben Gesetze herstellt, wie bei den früheren Versuchen ohne Kohlensäure. Nach jenem Gesetz sollte nach der Verbrennung das Verhältniss z des Wasserdampfes zur Kohlensäure bei constantem Affinitätscoefficienten proportional sein dem Verhältniss des Wasserstoffs zum Kohlenoxyd. Dies findet in der Tabelle X darin seinen Ausdruck, dass die dort aufgeführten beobachteten Werthe von z ganz regellos in ziemlich weiten Grenzen schwanken (von 0,13 bis 9,08), während die zugehörigen Werthe von γ, in Folge der variablen physikalischen Bedingungen mit α''' stetig abnehmen. Davon machen, wie hervorzuheben ist, auch diejenigen Versuche keine Ausnahme, bei welchen Kohlensäure reducirt, statt Kohlenoxyd verbrannt wird, bei welchen sich also das chemische Gleichgewicht gewissermassen durch den entgegengesetzten Vorgang herstellt.

Die Giltigkeit des Gleichgewichtsgesetzes kann man für die Versuche der Tabelle X nicht dadurch verificiren, dass man deren Ergebniss mit Hilfe des Gesetzes und der Mittelcurve voraus berechnet, denn die Abscisse des Affinitätscoefficienten, die man dazu wissen müsste, lässt sich für die Verminderung der Wärmeentwickelung erst corrigiren, wenn das Resultat des Versuchs bekannt ist. Man könnte darum vielleicht Bedenken tragen, dieselbe anzuerkennen, zumal sich die obige Beweisführung auf zum Theil unsichere Voraussetzungen

[1]) J. f. pr. Ch. (2) 12, S. 150.

stützt. Es ist deshalb ein günstiger Umstand, dass man bei den noch nicht discutirten Beobachtungen mit grösseren Werthen von γ auf jene Correction keine Rücksicht zu nehmen braucht. Bei diesen Versuchen ist im Allgemeinen die Menge der zugesetzten Kohlensäure, und folglich auch der Betrag der Correctionen, kleiner als bei den vorherbesprochenen, und gleichzeitig ist an sich schon deren Einfluss auf den Werth von γ aus oben angeführten Gründen verschwindend klein. Ich habe die γ für die in Rede stehenden Versuche mit α'' als Abscissen in Fig. 4 unter besonderem Zeichen neben der Mittelcurve graphisch dargestellt. Man überzeugt sich dort mit einem Blick, dass eine kleine Verschiebung der darstellenden Punkte parallel mit der Abscissenaxe, wie sie die Correction für die verminderte Wärmeentwickelung fordern könnte, gar keinen merklichen Unterschied in der Lage derselben gegen die Curve hervorbringen würde. Man darf darum ohne Bedenken diese Correction vernachlässigen und sich zur Ermittlung des theoretischen Werthes von γ nach der Mittelcurve mit α'' als Abscisse begnügen, welches aus den Daten über die Zusammensetzung der Gasmischung vor der Verbrennung berechnet werden kann. Der Fehler, den man dadurch begeht, ist weit kleiner als die möglichen Beobachtungsfehler.

Die Vorausberechnung der Versuchsergebnisse aus der Zusammensetzung der angewendeten Gasmischungen gestaltet sich ganz ähnlich wie bei früherer ähnlicher Gelegenheit[1]). Man findet zunächst als Ausdruck des Gleichgewichtsgesetzes unter Berücksichtigung des Kohlensäurezusatzes, an Stelle der Gleichung I, mit den oft gebrauchten Zeichen

$$z = \gamma \frac{h(1+z) - z(\alpha + r)}{(k+r)(1+z) - (\alpha + r)}; \quad \text{Ia,}$$

worin $h = \frac{\beta}{1+\beta}$ die Menge des Wasserstoffs und $k = \frac{1}{1+\beta}$ die Menge des Kohlenoxydes in der ursprünglichen Mischung der brennbaren Gase bedeutet. Ist kein Kohlenoxyd vorhanden, so wird demnach $k = 0$ und $h = 1$. Löst man die Gleichung Ia nach z auf, so ergiebt sich

---

1) A. a. O. B. 2, S. 45.

$$z = \frac{-p + \sqrt{4q + p^2}}{2};$$

worin $\frac{k - \alpha - \gamma(h - \alpha - r)}{k + r} = p$ und $\frac{\gamma h}{k + r} = q$ gesetzt wurde.

Hat man darnach z gefunden, so lassen sich leicht auch die andern Grössen, welche in den früheren Tabellen als Maass für die chem. Wirkung der Kohlensäure gedient haben, berechnen. Der Bruchtheil des vorhandenen Kohlenoxyds, welches verbrennt, wird

$$v = \frac{\alpha - r z}{k(1 + z)};$$

und bei den Versuchen ohne Kohlenoxyd, der Bruchtheil der vorhandenen Kohlensäure, welcher reducirt wird

$$\varrho = \frac{r z - \alpha}{r(1 + z)}.$$

Die bei der Rechnung benutzten auf die Zusammensetzung der Gasmischungen vor der Verbrennung bezüglichen Werthe von α, β und r sind den weiter oben mitgetheilten Tabellen entnommen und die Werthe von γ, wie schon angedeutet, nach der Mittelcurve für α'' als Abscisse bestimmt. Die Rechnung wurde für alle Versuche dieser Mittheilung, die nicht schon im Obigen discutirt sind, durchgeführt und das Ergebniss in der Tabelle XI zusammengestellt, geordnet nach den verschiedenen Versuchsgruppen und innerhalb derselben nach steigendem Kohlensäurezusatz, wobei auch die entsprechenden Versuche ohne Kohlensäure mit aufgenommen sind. Die Kohlensäuremengen r sind, nach den Nr. der Vers., in der ersten Spalte der Tabelle nochmals angegeben. Die folgenden Spalten enthalten neben den berechneten, jeweils die gefundenen Werthe von γ, z und v oder ϱ, wie aus der Ueberschrift der einzelnen Spalten ohne Weiteres verständlich ist.

Eine oberflächliche Einsicht in die Tabelle muss schon, wie ich glaube, lehren, dass die Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung sehr befriedigend ist. Betrachtet man näher zunächst das Verhältniss von z, so sieht man die Differenz zwischen den berechneten und beobachteten Werthen nur in seltenen Fällen 5 % übersteigen. In einem Falle (bei Vers. Nr. 56, wo z = 31,38) beträgt

Tabelle XI.

Nr.	r	γ gef.	γ ber.	z gef.	z ber.	v gef.	v ber.		
4	—	6,11	5,44	2,87	3,01	0,341	0,330	Misch. A.	Knallgas und Kohlenoxyd.
6	0,186	7,16	6,15	1,70	1,78	0,216	0,200		
5	0,384	7,36	6,21	1,12	1,15	0,153	0,135		
9	—	6,20	5,74	2,69	2,58	0,303	0,311	Misch. B.	
13	—	6,42	5,52	3,11	2,90	0,326	0,344	Misch. C.	
12	0,773	5,79	5,11	0,65	0,64	0,101	0,110		
14, 24	—	5,86	6,03	2,21	2,23	0,274	0,272	Misch. D.	
21	0,073	6,52	6,28	1,84	1,81	0,220	0,224		
17	0,195	6,27	6,22	1,31	1,31	0,173	0,174		
35	—	5,83	5,96	0,70	0,70	0,380	0,379	Misch. E.	Kohlenoxyd und Wasserstoff.
28	—	4,55	5,52	0,56	0,59	0,490	0,484		
32	0,102	5,25	5,97	0,49	0,50	0,455	0,450		
33	0,192	5,51	6,30	0,43	0,44	0,423	0,419		
34	0,740	6,29	5,16	0,22	0,22	0,436	0,440		
36	—	6,78	5,85	9,43	8,49	+0,191	+0,210	Misch. F.	
40	—	6,80	5,60	8,55	7,52	+0,229	+0,258		
41	0,111	6,92	5,75	4,50	4,14	+0,081	+0,118		
37	0,181	6,97	6,33	4,19	4,00	—0,181	—0,161		
38	0,403	6,69	6,18	2,02	1,98	—0,316	—0,298		
Nr.	**r**	**γ gef.**	**γ ber.**	**z gef.**	**z ber.**	**ρ gef.**	**ρ ber.**		
56	0,099	5,14	6,18	31,38	36,58	0,843	0,865	Misch. G.	Wasserstoff u. Sauerstoff.
53	0,193	5,56	5,84	15,53	16,12	0,812	0,819		

sie allerdings mehr als 15 %. Aber selbst da darf man mit der erreichten Annäherung zufrieden sein, einmal weil der grosse Werth von z auch besonders grosse Fehler bedingt, und zweitens weil der Versuch zu denjenigen gehört, bei welchen sich das chem. Gleichgewicht

durch Kohlensäurereduction herstellt, durch den entgegengesetzten Vorgang als bei den Versuchen, welche der Rechnung zu Grunde liegen.

Bei dieser Uebereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung bestätigen die Versuche der Tabelle XI mit besonderer Deutlichkeit, dass, dem Gleichgewichtsgesetze entsprechend, das Verhältniss z des Wasserdampfes zur Kohlensäure bei constantem Affinitätscoefficienten proportional ist dem Verhältniss β' des Wasserstoffs zum Kohlenoxyd. Denn z variirt bei diesen Versuchen mehr als je zuvor (von 0,22 bis 31,38), während gleichzeitig der Quotient $\gamma = z : \beta'$ nur verhältnissmässig unbedeutende Schwankungen zeigt, die zum grössten Theil durch Beobachtungsfehler, zum kleineren Theil durch veränderte physikalische Umstände erklärt werden können. Das Gleichgewichtsgesetz gibt demnach, namentlich wenn man dessen Giltigkeit auch für die Versuche der Tabelle X anerkennt, das Verhältniss des Wasserdampfs zur Kohlensäure nach der Verbrennung mit befriedigender Annäherung wieder, während dasselbe in Folge der wechselnden Zusammensetzung der Gasmischungen vor der Verbrennung um mehr als das 200fache seines Betrages sich ändert.

Noch befriedigender wird in der Tabelle XI die relative Menge des verbrannten Kohlenoxydes und der reducirten Kohlensäure durch die Rechnung wiedergegeben. Der Unterschied zwischen den beobachteten und berechneten Werthen beträgt im äussersten Falle kaum mehr als etwa 3 % der gesammten Menge jener Gase. Durch diese Uebereinstimmung kann man sich davon überzeugen, dass der verschiedene Einfluss der Kohlensäure bei verschiedener Zusammensetzung der angewendeten Mischungen von der Theorie richtig vorausgesagt wird. Die Menge des verbrannten Kohlenoxyds muss nach dem Gleichgewichtsgesetz durch den Kohlensäurezusatz stets herabgedrückt werden und zwar um so mehr, je grösser der Wasserstoffgehalt der betr. Mischung ist, am wenigsten also bei der Mischung E mit ca. 25 % Wasserstoff, mehr bei den Knallgasmischungen, bei welchen der Wasserstoff nahe an 50 % von der Gesammtmenge der brennbaren Gase beträgt, und

am meisten bei der Mischung F mit ca. 75 % Wasserstoff, ganz im Einklang mit dem schon hervorgehobenen thatsächlichen Befunde.

Der gesetzliche Zusammenhang zwischen der Zusammensetzung der Gasmischungen vor und nach der Verbrennung wird im Allgemeinen durch die mitgetheilten Gleichungen in wenig übersichtlicher Weise dargestellt. Es ist deshalb wohl nicht unerwünscht, dass die Tab. XI noch weitere Veranlassung giebt, jene Gleichungen in vereinfachter Form für einen speciellen Fall mit der Erfahrung zu vergleichen. Nach der angeführten Gleichung ist die Menge des verbrennenden Kohlenoxyds

$$k v = \frac{\alpha - r z}{(1 + z)}.$$

Man erkennt daraus, dass dieselbe gleich Null sein muss, d. h. dass gar kein Kohlenoxyd verbrennen kann, sobald

$$\alpha = r z$$

ist. Eliminirt man mit Hilfe letzterer Gleichung z aus der Gleichung Ia und löst dann diese nach r auf, so findet man diejenige Kohlensäuremenge, welche nach der Theorie gerade hinreicht, um alles Kohlenoxyd vor der Verbrennung zu schützen:

$$r_0 = \frac{\alpha k}{\gamma (h - \alpha)}.$$

Diese Kohlensäuremenge muss demnach um so grösser sein, je grösser die Menge des vorhandenen Sauerstoffs und Kohlenoxyds, und je kleiner die des Wasserstoffs ist. Sobald die Wasserstoffmenge h gleich oder grösser als die doppelte Sauerstoffmenge α wird, ergiebt sich r_0 unendlich gross oder negativ, d. h. sobald der vorhandene Sauerstoff mehr als hinreichend ist, um allen vorhandenen Wasserstoff zu verbrennen, giebt es keine noch so grosse Kohlensäuremenge mehr, welche das Kohlenoxyd vollständig vor Verbrennung schützen könnte. Die Mischungen mit Knallgas, für welche $h = \alpha$, stehen auf der Grenze, auf welcher eine unendlich grosse Kohlensäuremenge eben noch den gewünschten Erfolg haben würde. Dies gilt für jeden möglichen Werth von γ, welches zwar streng genommen noch von r abhängig ist, aber seiner Entstehung nach nicht negativ werden kann.

Für die Versuche mit der Mischung F in der Tabelle XI, für welche h kleiner als α ist, lässt sich r_0 nach obiger Gleichung annäherungsweise berechnen, wenn man γ als constant betrachtet. Man begeht dadurch nach dem früher Gesagten keinen erheblichen Fehler. Bei Versuch Nr. 41 war z. B. $\alpha = 0{,}614$, $r = 0{,}111$, $\alpha'' = 0{,}526$ und γ nach der Mittelcurve $= 5{,}75$. Mit dem gleichen Werth von γ fände sich darnach die Kohlensäuremenge, für welche $v = 0$, d. h. welche gerade hinreicht, um alles Kohlenoxyd vor Verbrennung zu bewahren, $r_0 = 0{,}207$. Das stimmt gut zu dem wirklichen Ergebniss des Versuchs, bei welchem durch die Kohlensäuremenge 0,111 die Menge des verbrannten Kohlenoxyds schon von 0,274 auf 0,081 herabgedrückt ist. Bei Versuch Nr. 37 war $\alpha = 0{,}518$, $r = 0.181$, $\alpha'' = 0{,}408$ und γ nach der Mittelcurve $= 6{,}33$, woraus sich unter der gleichen Voraussetzung $r_0 = 0{,}092$ ergiebt, d. i. kleiner als die wirklich zugesetzte Kohlensäuremenge. Die letztere schützt darum in der That nicht nur das vorhandene Kohlenoxyd vollständig vor Verbrennung, sondern sie wird selbst theilweise zu Kohlenoxyd reducirt.

Die Theorie sagt auch diese Reduction der Kohlensäure vorher, wenn man nur voraussetzen darf, dass dieselbe, falls es zur Herstellung des gesetzlichen Gleichgewichtes erforderlich, vom chemischen Standpunkt aus möglich ist. Denn nach der obigen Gleichung wird die Menge des verbrannten Kohlenoxyds negativ, sobald r grösser als r_0 wird und das kann nicht anders gedeutet werden, als dass nicht Kohlenoxyd verbrennt, sondern dass Kohlenoxyd entsteht durch Reduction von Kohlensäure. Man sieht an dem Minuszeichen, welches auch in den früheren Tabellen zur Bezeichnung einer durch Reduction erzeugten Kohlenoxydmenge benutzt wurde, dass Reduction statt Oxydation überall da nur erfolgt, wo die Theorie es gestattet und verlangt. Bei den Versuchen mit der Mischung E und mit den Knallgasmischungen, wo nach dem Gesagten r nicht grösser werden kann als r_0, erfolgt stets noch Oxydation. Bei der Mischung F liegt der Punkt, wo die Oxydation in Reduction übergeht, zwischen den Versuchen Nr. 41 und 37, nach der Theorie wie nach der Beobachtung. Endlich bei

den Versuchen ohne Kohlenoxyd wird überall Kohlensäure reducirt, weil das chem. Gleichgewicht nach dem aufgestellten Gesetze stets nothwendig eine bestimmte Menge Kohlenoxyd erfordert.

Die Versuche, bei welchen Kohlensäure reducirt, statt Kohlenoxyd verbrannt wird, haben noch ein besonderes Interesse gerade darum, *weil bei denselben der chemische Vorgang gewissermassen der entgegengesetzte ist*, als bei den andern und namentlich bei den Versuchen ohne Kohlensäure, welche zur Construction der Mittelcurve für γ gedient haben und mit dieser der theoretischen Berechnung zu Grunde gelegt sind. Es wurde bei der Vergleichung der berechneten mit den beobachteten Resultaten mehrfach hervorgehoben, *dass jene Versuche mit Kohlensäurereduction keine Ausnahme von dem allgemeinen Verhalten erkennen liessen, dass dieselben vielmehr ebenso gut mit der Theorie übereinstimmten, wie alle übrigen.* Diese Thatsache zeigt, dass durch die plötzliche Verbrennung bei den ausgeführten Versuchen *von verschiedenen Anfangszuständen aus durch entgegengesetzte Reactionen Endzustände herbeigeführt werden, welche von dem gleichen Gesetz beherrscht sind, und daraus folgt weiter, dass diese Endzustände einem chem. Gleichgewicht entsprechen.* Dieser Nachweis ist von Wichtigkeit, weil man von vornherein wohl daran zweifeln kann, ob sich ein solches Gleichgewicht bei der kurzen Dauer der Reaction während der plötzlichen Verbrennung wirklich herstellen kann. Auf directerem Wege kann man jenen Nachweis nicht führen, weil nicht zwei Gasmischungen hergestellt werden können, welche durch die entgegengesetzten Vorgänge zu identischen Endzuständen führen. Die dazu erforderlichen Bedingungen für die Zusammensetzung solcher Mischungen lassen sich nicht alle gleichzeitig erfüllen.

Durch die mitgetheilten Versuche und Rechnungen glaube ich nachgewiesen zu haben, dass der Einfluss der *zugesetzten Kohlensäure* dem entspricht, was sich nach dem aufgestellten Gesetze theoretisch vorhersehen lässt. Nach demselben Gesetze müsste *dem Wasserdampf* ein ganz analoger Einfluss zukommen, und in der That hat

sich bei früheren Versuchen [1]) schon gezeigt, dass die Gegenwart von Wasserdampf vor der Verbrennung stets die Menge des verbrennenden Wasserstoffs herabdrückt, wenn auch der Zusammenhang nicht viel weiter verfolgt werden konnte. Es ist demnach wohl erlaubt, aus der Analogie zu schliessen, dass überhaupt ein Zusatz von Wasserdampf bei entsprechenden Versuchen die gesetzliche Wirkung ausüben würde, so gut wie die Kohlensäure. Eine Vorbedingung für diesen Schluss ist erfüllt, indem bekanntlich nach anderweitigen Beobachtungen feststeht, dass Wasserdampf durch Kohlenoxyd bei hoher Temperatur eventuell reducirt werden kann.

Das Resultat der plötzlichen Verbrennung ist demnach bei sämmtlichen angestellten Versuchen ein Gemisch von Wasserstoff, Wasserdampf, Kohlenoxyd und Kohlensäure in einem Gleichgewichtszustand, welcher sich stets von einem und demselben Gesetze beherrscht zeigt, wie die ursprünglichen Gasmischungen auch beschaffen sein mögen, ob darin jene vier Gase schon vorhanden, oder ob dieselben ganz oder theilweise durch die Verbrennung, oder auch durch gegenseitige Einwirkung während der Verbrennung, erst entstanden sind. Dieses Ergebniss nöthigt, wie ich glaube, zu einer ganz bestimmten gemeinsamen Vorstellung über die Natur der untersuchten Verbrennungserscheinungen. Die Verbrennung selbst muss als ein mehr nebensächlicher Vorgang aufgefasst werden, durch welchen allein die Vorbedingungen für die eigentlich in Betracht kommenden Reactionen sich herstellen. Diese Reactionen sind die beiden reciproken Umsetzungen zwischen Kohlensäure und Wasserstoff einerseits und Wasserdampf und Kohlenoxyd andererseits. Das entstehende chemische Gleichgewicht entspricht den Intensitäten, mit welchen sich diese entgegengesetzten Reactionen zu vollziehen streben, und welche nach dem aufgestellten Gesetze von den relativen Mengen der vier reagirenden Körper abhängig sind. Die Reactionen vollziehen sich aber nur bei den hohen Temperaturen,

[1]) A. a. O. Bd. I. S. 185.

welche die Verbrennung erzeugt. Unterhalb einer bis jetzt nicht sicher bekannten Temperaturgrenze hört die wechselseitige Einwirkung auf. Die Beobachtung liefert daher diejenige Zusammensetzung der Gasmischung, welche sie in dem Moment besass, als bei der Abkühlung nach der Verbrennung jene Temperaturgrenze überschritten wurde.

Die für verschiedene Umstände ermittelte Zusammensetzung der resultirenden Gasmischung deutet, wie gezeigt wurde, auf eine Verschiedenheit des chemischen Gleichgewichtes je nach der Verbrennungstemperatur. Dies beweist ohne Zweifel, dass das chemische Gleichgewicht überhaupt von der Temperatur abhängt. Man wird aber nicht wohl annehmen dürfen, dass der Zustand, in welchem sich die wieder erkaltete Gasmischung befindet, das Gleichgewicht für die Verbrennungstemperatur selbst darstellt, schon desshalb nicht, weil im Allgemeinen bei dieser Temperatur die reagirenden Körper zum Theil noch dissociirt sind. Aber wenn selbst bei jener höchsten Temperatur ein Gleichgewicht von der Art, wie es beobachtet wird, möglich wäre, so ändern sich doch der Voraussetzung gemäss mit sinkender Temperatur die Bedingungen des Gleichgewichtes. Es muss deshalb während der Abkühlung stets wieder von neuem Umsetzung stattfinden, so lange dies überhaupt möglich ist. Da die Abkühlung sehr rasch erfolgt und die Umsetzungen zur Herstellung des augenblicklichen Gleichgewichtszustandes ohne Zweifel eine gewisse endliche, wenn auch sehr kurze Zeit erfordern, so wird die Mischung schliesslich in einem Zustande bleiben, welcher dem chemischen Gleichgewicht für eine mittlere Temperatur entspricht, zwischen der überall gleichen unteren Grenze der möglichen Einwirkung und der höchsten Verbrennungstemperatur, welche je nach der Zusammensetzung der ursprünglichen Mischung verschieden ist. Es wäre in mehrfacher Hinsicht von grossem Interesse, jene wechselseitige Einwirkung der genannten Gase bei constanter Temperatur unter sehr viel einfacheren Bedingungen zu studiren. Ich sehe jedoch vorläufig keinen Weg, solche Versuche mit den beschränkten Mitteln meines Privatlaboratoriums zur Ausführung zu bringen.

Die entwickelten Vorstellungen von der Natur der untersuchten

Erscheinungen führten durch theoretische Betrachtungen zu dem Gesetze des chemischen Gleichgewichtes, welches ich ohne weitere Begründung in die Untersuchung einführte, zunächst nur in der Absicht, die vielfach variirten Versuche unter gemeinsamen Gesichtspunkten zu ordnen. Es wäre wohl nicht möglich gewesen, aus den beobachteten Erscheinungen durch Induction allein allgemeinere Gesetzmässigkeiten abzuleiten. Jetzt aber, nachdem sich gezeigt hat, dass das aufgestellte Gesetz ein hinreichend treues Bild der beobachteten Erscheinungen zu geben vermag, darf ich dasselbe als Resultat der Erfahrung aussprechen: Bei der gegenseitigen Einwirkung von Wasserdampf, Kohlensäure, Wasserstoff und Kohlenoxyd in hoher Temperatur stellt sich ein chemisches Gleichgewicht her, derart, dass das Verhältniss des Wasserdampfes zur Kohlensäure gleich ist dem Verhältniss des Wasserstoffs zum Kohlenoxyd, letzteres multiplicirt mit einem Factor, dem sog. Affinitätscoefficienten, welcher nicht mehr von der relativen Menge der reagirenden Körper abhängt, welcher sich aber ändert mit der Temperatur, bei welcher die Reaction vor sich geht.

In Bezug auf die theoretische Begründung dieses Gleichgewichtsgesetzes seien mir zum Schlusse einige Bemerkungen gestattet. Seit Berthollet betrachtet man das von den relativen Mengen der reagirenden Körper abhängige Gleichgewicht als eine Folge der sog. chemischen Massenwirkung. Man hat aus der Physik, speciell aus der Gravitationslehre, die Annahme als selbstverständlich auf die chemischen Erscheinungen übertragen, dass die Kräfte den Massen, von welchen sie ausgehen, proportional sein müssen. Gesteht man diese Annahme vorläufig zu und sucht nach dem entsprechenden mathematischen Ausdruck für die Bedingungen des chemischen Gleichgewichtes bei reciproken Umsetzungen, so findet man, dass zwei verschiedene Ansichten darüber vorhanden sind, welche Massen als wirksam in der einen oder andern Richtung zu betrachten sind. Der älteren, noch vielverbreiteten Ansicht liegt, stillschweigend wenigstens, die dualistische Auffassung zu

Grunde, dass, für unsern speciellen Fall ausgesprochen, der Wasserstoff im Wasserdampf und das Kohlenoxyd in der Kohlensäure noch dieselben Eigenschaften haben und sich an dem chemischen Gleichgewicht in derselben Weise betheiligen, wie in freiem Zustande. Danach ständen die gesammten Massen der beiden Gase, die sich mit Sauerstoff verbinden können und zum Theil damit verbunden sind, einander gegenüber in dem Streben, den vorhandenen Sauerstoff an sich zu reissen. Diejenige Vertheilung dieses Sauerstoffs, welche dem Gleichgewicht entspräche, müsste so beschaffen sein, dass das Verhältniss von Wasserdampf zu Kohlensäure gleich wäre dem Verhältniss jener Gesammtmengen von Wasserstoff und Kohlenoxyd, multiplicirt mit einem „Affinitätscoefficienten“, welcher das Verhältniss der Verwandtschaft gleicher Mengen der beiden brennbaren Gase zu Sauerstoff darstellen würde [1]). Nach dieser Auffassung hat E. von Meyer [2]) aus seinen Versuchen Affinitätscoefficienten berechnet, und dieselbe hat A. Chizynski [3]) auf die Vertheilung von Phosphorsäure zwischen Chlorcalcium und Chlormagnesium angewendet und J. Thomsen [4]) für die Vertheilung von Natronhydrat zwischen Schwefelsäure und Salpeter- oder Salzsäure geprüft und verworfen.

Die zweite neuere Ansicht, wieder für unseren speciellen Fall ausgesprochen, geht dahin, dass nicht einfach Wasserstoff und Kohlenoxyd um den im ganzen vorhandenen Sauerstoff streiten, sondern dass Kohlensäure und freier Wasserstoff, Wasserdampf und freies Kohlenoxyd sich umzusetzen streben, dass also der freie Wasserstoff und das freie Kohlenoxyd an dem Kampfe in anderer Weise sich betheiligen, als der Wasserstoff im Wasserdampf und das Kohlenoxyd in der Kohlensäure, die bereits mit Sauerstoff gesättigt sind. Danach stehen die Massen der reagirenden Körper sich paarweise, so wie sie sich umzu-

---

[1]) Drückt man die relativen Mengen der reagirenden Körper in Moleculargewichten aus, so ändert der Affinitätscoefficient entsprechend seinen Zahlenwerth und bezieht sich auf den Fall, dass je ein Moleculargewicht vorhanden ist. Dies gilt auch überall im Folgenden.

[2]) J. pr. Ch. [2] 10. 273.

[3]) Ann. Chem. Ph. IV. Suppl. Bd. 226.

[4]) Pogg. Ann. 138. 65.

setzen vermögen, einander gegenüber, indem die Intensität, mit welcher sich jede der beiden entgegengesetzten Reactionen zu vollziehen strebt, proportional ist mit den Massen beider daran betheiligten Körper. Gleichgewicht tritt ein, wenn die beiden Intensitäten gleich sind. Diese Auffassung, welche zuerst von Guldberg und Waage[1]) ausgesprochen wurde, führt zu dem Gesetz des chemischen Gleichgewichtes, welches mit meinen Beobachtungen übereinstimmt. Der Affinitätscoefficient ist dabei anzusehen als das Verhältniss der Intensitäten, mit welchen sich die beiden entgegengesetzten Reactionen zu vollziehen streben, wenn von jedem der reagirenden Körper eine Masseneinheit vorhanden ist.

Dasselbe Gesetz ist schon früher von andern Forschern an andern reciproken Reactionen geprüft und bestätigt worden[2]). Es wurde dabei auch zum Theil in anderer Weise theoretisch begründet. Lemoine[3]) und später J. van 't Hoff[4]) nahmen an, dass das chemische Gleichgewicht entstehe, weil die beiden entgegengesetzten Reactionen sich mit verschiedenen Geschwindigkeiten vollzögen, mit Geschwindigkeiten, welche für jede Reaction mit der Menge der beiden betheiligten Körper proportional seien. Gleichgewicht tritt danach ein, wenn diese Mengen so beschaffen sind, dass die Geschwindigkeiten gleich gross werden. Man erhält auf diesem Wege denselben mathematischen Ausdruck für die Gleichgewichtsbedingungen wie vorher, nur mit dem Unterschied, dass jetzt der „Affinitätscoefficient" genannte Factor das Verhältniss der Geschwindigkeiten bei gleichen Mengen der reagirenden Körper bedeutet.

Auch diese Ableitung setzt die Abhängigkeit von der Menge der reagirenden Körper für die Geschwindigkeiten, wie die Berthollet'sche oder Guldberg'sche für die Kräfte, als selbstverständlich voraus. Eine zureichende Begründung durch Thatsachen oder auch nur durch

---

[1]) Études sur les affinités chimiques. Christiania 1867.

[2]) Namentlich von J. Thomsen an den schon erwähnten Versuchen. — Ebenso von Jellet an Alkaloidsalzen durch Polarisationsversuche.

[3]) Ann. chem. ph. [4] 27, 289.

[4]) Dt. Chem. Ges. Ber. 1877, S. 669.

deutliche Analogieen kann ich für beide Voraussetzungen nirgends finden. Aber abgesehen davon scheint mir die Anwendung derselben auf das chemische Gleichgewicht schwer vereinbar mit den allgemein anerkannten Ansichten über das Wesen chemischer Erscheinungen. Wir müssen uns vorstellen, dass der chemische Vorgang zwischen kleinsten discreten Theilchen sich vollzieht und es mag sein, dass die dabei thätigen Kräfte den Massen der Atome und Molecüle proportional sind, obgleich wir dafür bis heute keine festen Anhaltspunkte haben. Wir wissen aber, dass sich die Wirkung jener Kräfte nur auf äusserst kleine Entfernungen erstreckt und es ist deshalb unwahrscheinlich, namentlich bei Gasen, dass die Masse von mehreren oder gar allen Moleculen bei der Wechselwirkung zweier einzelnen derselben soll betheiligt sein.

Die Moleculartheorieen haben in der That auch eine neue Erklärung des chemischen Gleichgewichtes zu Tage gefördert, welche jenem Einwurf nicht ausgesetzt ist. Diese von L. Pfaundler herrührende Erklärung nimmt bekanntlich an, dass chemische Reaction nur dann stattfindet, wenn in Folge der Wärmebewegung die betheiligten Molecüle unter geeigneten Umständen innerhalb der Wirkungssphäre der chemischen Kräfte sich begegnen, und dass das sogenannte chemische Gleichgewicht ein stationärer Zustand ist, bei welchem zwei mögliche entgegengesetzte Reactionen in gleicher Zeit sich gleich oft vollziehen. Wenn man beachtet, dass die Häufigkeit einer Reaction in einem bestimmten Sinne nach dieser Auffassung abhängen muss von der Wahrscheinlichkeit, dass die betreffenden Molecüle überhaupt zusammentreffen und dass diese Wahrscheinlichkeit mit der Zahl der vorhandenen Molecüle jeder Art proportional sein muss, so kann man wieder zu demselben mathematischen Ausdruck für die Gleichgewichtsbedingungen gelangen, wobei aber jetzt der Factor, der als Affinitätscoefficient bezeichnet wurde, das Verhältniss der Wahrscheinlichkeiten für beide entgegengesetzte Reactionen bedeutet, dass bei dem Zusammentreffen zweier Molecüle diejenige Reaction, welche zwischen denselben möglich ist, auch wirklich stattfindet.

Näheres über den Affinitätscoefficienten kann man bis jetzt aus der Pfaundler'schen Erklärung ebensowenig erfahren, als aus den

vorher-erwähnten Ableitungen des Gleichgewichtsgesetzes. Es steht zwar nirgends der Annahme etwas im Wege, dass jener Factor, unter welcher Bedeutung er auch auftritt, von der Temperatur abhängig sei, wie es die Beobachtung gelehrt hat. Aber eine solche Abhängigkeit wird auch nirgends gefordert und noch weniger ergeben sich Andeutungen über die Art derselben. Um in dieser Beziehung Aufschluss zu erhalten, muss man auf die Theorie des chemischen Gleichgewichtes zurückgreifen, welche ich vor einiger Zeit bei anderer Gelegenheit vorgeschlagen habe. Diese Theorie ruht zwar im Grunde auf der Voraussetzung, dass das Wesen des chemischen Gleichgewichtes der Pfaundler'schen Vorstellung ungefähr entspricht. Sie kommt aber über alle die Schwierigkeiten, welche sich einer mathematischen Entwickelung jener Erklärung in Folge unserer Unbekanntschaft mit der Natur der molecularen Vorgänge entgegenstellen, hinweg, indem sie sich ohne alle weiteren Hypothesen auf ein ganz allgemeines Princip der mechanischen Wärmetheorie stützt. Nach diesem Princip muss bei dem chemischen Gleichgewicht, wie bei jedem stationären Zustande eines Molecularsystems, die Entropie in Bezug auf die möglichen Veränderungen ein Maximum sein. Die Entropie ist eine von Clausius so benannte Grösse, welche von dem Zustand der reagirenden Körper abhängt. Dieselbe kann für den vorliegenden Fall, wo ausschliesslich gasförmige Körper an der Reaction betheiligt sind, berechnet werden, wenn man nur voraussetzt, dass die Gasgesetze bis zu den hohen Reactionstemperaturen giltig bleiben. Als Bedingung dafür, dass die Entropie durch die möglichen Umsetzungen einen Maximalwerth annimmt, findet man auch auf diesem Wege das oben ausgesprochene Gleichgewichtsgesetz. Der Factor aber, welcher jetzt an der Stelle des Affinitätscoefficienten steht, ist eine Function der Temperatur. Man findet nämlich $\gamma = Ce^{-\frac{Q}{ART}}$, worin e die Basis der natürlichen Logarithmen, A das mechanische Wärmeæquivalent und R die Constante des Gay-Lussac-Mariotte'schen Gesetzes bedeuten; ferner C die Aenderung der Entropie und A die Wärmemenge, welche entwickelt wird, wenn je 1 Moleculargewicht Wasserdampf und Kohlenoxyd sich

in Kohlensäure und Wasserdampf umsetzen. Sofern diese Wärmemenge als Maass des Affinitätsunterschiedes von Wasserstoff und Kohlenoxyd gegen Sauerstoff betrachtet werden kann, verdient γ auch hier den Namen eines Affinitätscoefficienten. T endlich bedeutet die (absolute) Temperatur, bei welcher sich das Gleichgewicht herstellen soll. Da für Gase C und Q in erster Annäherung von der Temperatur unabhängig angesehen werden dürfen, und da Q positiv ist, so muss nach obigem Ausdruck γ mit steigender Temperatur zunehmen. Dies ist in der That nach den Versuchen der Fall, so lange die Verbrennungstemperatur nicht zu hoch wird. Die Form der Abhängigkeit im Einzelnen an den Beobachtungen wiederzufinden, kann man natürlich nicht erwarten, da sich die theoretische Betrachtung auf viel einfachere Verhältnisse bezieht, als sie in Wirklichkeit bei den angestellten Versuchen obwalteten. Namentlich ist auf die Dissociation von Wasserdampf und Kohlensäure keine Rücksicht genommen, welche gerade bei den höchsten Temperaturen ohne Zweifel das Versuchsergebniss modificiren muss.

Heidelberg, November 1878.

Beobachtungen über Bau und Entwicklung der Orchideen.

Von **E. Pfitzer.**

(Vorgelegt den 8. November 1878.)

---

7. Zur Kenntniss der Bestäubungseinrichtungen der Orchideen.

Bekanntlich führen die Pollenmassen vieler Orchideen besondere Bewegungen aus, welche die Verbringung des Pollens auf die Narbe erleichtern. Diese Bewegungen beruhen meistens auf dem stärkeren Austrocknen der einen Seite des Stielchens, Zufuhr von Wasser bewirkt die entgegengesetzte Bewegung; so bei unseren *Orchis*-Arten, unter den tropischen Formen bei zahlreichen Gattungen der Gruppe *Vandeae*.

Nur einmal beobachtete Darwin [1]) starke Elasticität des Stielchens, nämlich bei *Rodriguezia secunda*, bei welcher Form er jedoch Genaueres nicht angeführt hat. Das Gleiche fand ich dann bei *Mesospinidium sanguineum Ldl.* und verläuft hier der Vorgang wie folgt:

Die überhängenden vielblüthigen Inflorescenzen dieser Art haben die Eigenthümlichkeit, dass die Blüthenknospen in der Reihenfolge von der Spitze der Inflorescenz nach deren Grunde aufblühen, so dass die oberste Knospe die zuerst geöffnete ist, eine Erscheinung, die übrigens auch bei anderen überhängenden Orchideenblüthenständen vorkommt. Wenn somit Insecten, auf deren Hilfe die Pflanze durchaus angewiesen ist, wie dies bei überhängenden Inflorescenzen wohl meist geschieht, auf deren Spitze auffliegen und nun aufsteigend weiter vor-

---

[1]) On various contrivances etc. S. 159.

schreiten, so kommen sie stets von den längst geöffneten zu den frischeren Blüthen. Selbstbestäubung ist ganz unmöglich, da die Pollinien unter einem häutigen Deckel und auch nach dessen Entfernung noch ganz fest liegen, während die Narbe weit davon und tief verborgen ist.

Von den drei Sepalen sind die unteren beiden verwachsen und zurückgekrümmt, das obere bildet ein breites Schutzdach über den übrigen Blüthentheilen, ebenso wie die unter ihm dachförmig zusammengeneigten beiden oberen Kronblätter. Die Lippe ist fleischig, gerade vorgestreckt und nur wenig länger als die Petalen. Die sämmtlichen letztgenannten drei Organe bilden ein Dreieck, dessen untere Seite einen guten „Landungsplatz" für die Insecten abgibt. Im Hintergrunde des Dreiecks sieht man die der Lippe nahezu parallele und am Grunde mit ihr verwachsene Columna, vorn durch den Deckel der Pollinien abgeschlossen, seitlich mit zwei Paaren flügelartiger Anhänge besetzt. Die Lippe hat zwei hoch erhabene Rippen, welche sich eng an diese Flügel anschliessen, so dass nur ein äusserst enger Zugang zur Narbenhöhlung frei bleibt. Die Seitenwände des Labellumgrundes sind nach innen eingebogen und stellen zwei Rinnen dar, welche der Columna parallel verlaufen.

Der Eingang, durch welchen die Pollinien auf ihrem Wege zur Narbe passiren müssen, ist so eng, dass kaum beide Pollenmassen allein, ohne den Stiel hindurch können: in der aufrechten Stellung, welche das ganze Pollinium in der Blüthe hat, übertrifft dasselbe den Eingang vielfach im Durchmesser. Einige Tage nach Oeffnung der Blüthe beginnt eine reichliche Ausscheidung von Nectar, der sowohl in dem Haupteingang als in den beiden oben genannten Rinnen sich ansammelt. Wenn nun ein Insect seinen Kopf oder Rüssel in die Mittelöffnung einführt, so berührt es unfehlbar eine halbmondförmige, dunkler gefärbte Stelle am oberen Rande des Eingangs, und sofort sitzt das Pollinium dem Insect auf. Wir können den Vorgang leicht mit einer Bürste oder Pinsel nachahmen. Eine schmale dreieckige unterseits klebrige Platte heftet sich auf den berührenden Gegenstand; auf der rückwärts gelegenen schmalen Basis des Dreiecks sitzt der ge-

meinsame Stiel der beiden Pollenmassen und legt sich, sobald das Insect die Blüthe verlässt, sofort dem klebrigen Plättchen parallel nach vorn an, so dass es dasselbe berührt. Diese Bewegung beruht auf hoher Elasticität der Stelle zwischen Stiel und Plättchen; so oft man den ersteren in die Höhe hebt, schnellt er losgelassen wieder im Augenblick in die alte Lage zurück. Eintauchen in Wasser ist ohne Wirkung.

Die so ganz nach vorn übergelegten Pollenmassen können nun mit einiger Mühe in den engen Eingang zur Narbenhöhlung hineingezwängt werden. Doch wird dies in der Natur gewiss misslingen und gerade dabei kommt der Pflanze die Elasticität des Stielchens zu Nutzen. Sobald die Stellung des Insectes nicht so ist, dass gerade beide Pollenmassen in den Eingang hineingebracht werden, legt sich das ganze Pollinium zurück und schnellt wieder in seine alte Lage, sobald die Blüthe verlassen wird; vielleicht gelingt dann bei der nächsten oder einer weiteren, welche das Insect besucht, die Einführung. Befruchtung einer Blüthe mit ihren eigenen Pollen wäre nur möglich, wenn ein Insect zweimal dieselbe Blume besuchte, ohne inzwischen die Pollinien an anderen Blüthen abgestreift zu haben.

Bei *Lycaste aromatica Ldl.*, *L. Skinneri Ldl.* ist an den Pollinien nur die R ü c k s e i t e des ziemlich frei liegenden Plättchens klebrig, so dass dasselbe sich dem Insect überhaupt erst anheftet, wenn dasselbe zurückgehend die Blüthe verlässt, wodurch ebenfalls die Kreuzung verschiedener Blüthen begünstigt wird.

Geschäftliches.

In der Sitzung vom 8. November 1878 wurde der bisherige Vorstand wieder gewählt und die Redactionscommission durch Acclamation bestätigt.

In den Verein wurden aufgenommen die Herren: Professor Bütschli, Prof. Fürstner, Dr. Steiner, Dr. Ulrich. Wieder eingetreten sind die Herren: Dr. Hadlich u. Dr. Koch, ausgetreten die Herren: Dr. Cuntz, Dr. Herrmann, Dr. Pauli, Pfarrer Schmetzer, Dr. v. Scherff, Dr. Schridde.

Alle Sendungen bittet man wie bisher an den Schriftführer, Prof. Alex. Pagenstecher, zu richten, aus den gedruckten Verzeichnissen die Bestätigung und den Dank des Vereins, sowie aus Uebersendung der Verhandlungen das Eintreten auf Tauschverkehr entnehmen zu wollen.

Den wegen Ausfüllung von Lücken in den übersandten Schriften an den Verein gekommenen Gesuchen ist man, soweit Exemplare der Hefte der Verhandlungen vorhanden waren oder beschafft werden konnten, nachgekommen. Der Verein war zu seinem grossen Bedauern nicht im Stande, allen Wünschen gerecht zu werden.

Verzeichniss

der vom 15. Mai bis 31. December 1878 eingegangenen Druckschriften.

Annales de la Société géologique de Belgique. II. III. Bruxelles.

IX. Jahresbericht des Vereins für Naturkunde in Oesterreich ob der Enns zu Linz.

Sitzungsberichte der K. K. Academie der Wissenschaften in Wien. 1878. 12—25.

Jahresbericht des Vereins für Naturkunde zu Zwickau 1877.

IV. Jahresbericht der Gewerbeschule zu Bistritz in Siebenbürgen.

VI. Jahresbericht des westfälischen Provinzial-Vereins für Wissenschaft und Kunst zu Münster.

Bulletin de la Société Impériale des naturalistes de Moscou. 1877. 4.

Bulletino della Società entomologica Italiana. X. 2—3. Firenze.

Verhandlungen der K. K. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien. 1877. XXVII.

Von Biblioteca nazionale di Firenze, Pubblicazioni del R. Istituto di studi superiori: Medizina, Chirurgia e Farmacia I; Scienze fisiche e naturali I; G. Cavanna, studi e ricerche sui Picnogonidi I, Descrizione di alcuni Batraci; Lista di opere pubblicate dai professori della sezione di scienze fisiche e naturali.

Von der Dorpater naturforsch. Gesellschaft: Sitzungsberichte IV. 3. Archiv für die Naturkunde Liv-, Esth- u. Kurlands VII. 4. VIII. 1—3.

Leopoldina. XIV. 9—22. Halle.

Bulletin de l'Académie Impériale des sciences de St.-Pétersbourg. XXV. 1 u. 2.

Schriften der naturforsch. Gesellschaft in Danzig. N. F. IV. 2.

Würtembergische naturwissenschaftl. Jahreshefte. XXXIV. 1—3.

Compte rendu de la Société entomologique de Belgique. Sér. II. 51—57. Bruxelles.

Deutsche Seewarte. Monatliche Uebersicht der Witterung. Dec. 1876. Nov. u. Dec. 1877. Hamburg.

Sitzungsberichte d. K. Böhm. Gesellschaft d. Wissenschaften in Prag. 1877.

Transactions of the Academy of science of St.-Louis. III. 4.

Giornale della società di letture e conversazione scientifiche di Genova. II. 5—9.
Jahresbericht des physikal. Vereins zu Frankfurt a./M. 1876/77.
Atti della R. Accademia dei Lincei. Transunti II. 5. u. 6. Roma.
Verhandlungen der physikal.-medicin. Gesellschaft in Würzburg. XII.
IX. Jahresbericht der Grossh. Badischen meteorolog. Centralstation in Carlsruhe. 1877.
25 u. 26. Jahresbericht der naturhistor. Gesellschaft zu Hannover.
Annuario della Società dei Naturalisti in Modena: Tognoli, Lepidotteri. Rendiconto 21. Febr. 1878.
Zeitschrift der deutschen zoologisch. Gesellschaft. XXX. 1—3. Berlin.
Boston society of natural history: Proceedings XIX. 1 u. 2. Memoirs II. IV, 6.
Schriften der physikal.-öconom. Gesellschaft zu Königsberg. XVII. XVIII. 1.
V. Bericht des Vereins für Naturkunde in Fulda. Meteorol.-phänolog. Beobachtungen aus der Fuldaer Gegend. 1877.
Vom Verein für Naturkunde in Cassel, Mittheilung. Uebersicht der Pilze bei Cassel von Dr. H. Eisenach.
Proceedings of the Davenport Academy of natural sciences. II. 1.
Bulletin de la société Vaudoise des sciences naturelles. 2. Ser. XV. 79 u. 80. Lausanne.
Proceedings of the American Academy of arts and sciences. Boston. 1877.
United States Report of the commissioner of Agriculture for 1876. Washington.
Philadelphia Academy of natural sciences Proceedings. 1877.
Sitzungsberichte der K. Bayer. Academie der Wissenschaften in München. Math.-Phys. Cl. 1878. 1 u. 2.
27. Verslag van het Natuurkundig Genootschap te Groningen. 1877.
Schriften d. Vereins z. Verbreit. naturwiss. Kenntnisse in Wien. XVIII.
15 u. 16. Bericht des Offenbacher Vereins für Naturkunde. 1873/75.
Nuovo giornale botanico italiano. X. 3. Pisa.
Correspondenzblatt des zoolog.-miner. Vereins in Regensburg. XXXI.
Verhandlungen der K. K. geolog. Reichsanstalt zu Wien. 1878. 1—13.
Archiv des Vereins der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg. 31. N. Brandenburg.
F. V. Hayden. United States Geolog. Survey of the territories. Report VII.
Bulletino della società Adriatica di scienze naturali in Trieste. IV. 1.
Mittheilungen des Vereins für Erdkunde zu Halle a./S. 1878.
Proceedings of the natural history society of Glasgow. III. 2.
Mémoires de l'Académie des sciences et lettres de Montpellier. Sect. de Médecine. V. 1.
Neunzehnter Bericht der Philomathie in Neisse.
Annales de la Soc. malacologique de Belgique. XI. Bruxelles.
63. Jahresbericht der naturforsch. Gesellschaft in Emden.
Nuovo giornale botanico italiano, diretto da T. Caruel. X. 4. Pisa.

Vierteljahrsschrift der naturforsch. Gesellschaft in Zürich. 21 u. 22.
Bericht über die Thätigkeit der St.-Gallischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft. 1876/77.
Bulletin de la société des sciences historiques et naturelles de l'Yonne. 33. Auxerre.
Mémoires de la société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux. II. Sér. III. 2.
Verhandlungen des botanischen Vereins der Provinz Brandenburg. 19. Berlin.
Schriften des naturw. Vereins für Schleswig-Holstein. III. 1. Kiel.
Sechster Bericht der naturw. Gesellschaft zu Chemnitz.
Jahresberichte des naturw. Vereins in Elberfeld. V.
Bulletin of the Museum of compar. Zoology, Harvard College, Cambridge, Massachusetts. V. 1—7.
XXV. Jahresbericht der schlesischen Gesellschaft für vaterländ. Cultur nebst Verzeichnisse der Aufsätze, Fortsetzung. Breslau.
Bulletin de la société d'histoire naturelle de Colmar. XVIII. u. XIX.
Ad. Wasseige (Liège): Du crochet mousse articulé.
Deuxième observation césarienne.
Der Zoologische Garten. XX. 1—6. Frankfurt.
Rendiconti del Reale Istituto Lombardo di scienze e lettere. S. II. X. Milano.
Jahresbericht über die Verwaltung des Medicinalwesens u. s. w. der Stadt Frankfurt a./M. XXI.
Annales de la société d'agriculture, histoire naturelle et arts utiles de Lyon. IX.
Von der Société Hollandaise des sciences à Harlém: Archives Néerlandaises des sciences exactes et naturelles. XIII. 2—3.
Von der Académie Royale des sciences, des lettres et des beaux arts de Belgique. Bruxelles.
Annuaire 1877/78.
Bulletins 41—45.
Meteorologische Beobachtungen angestellt in Dorpat III. 1.
Von der Schweizer. Naturforsch. Gesellschaft in Bern:
Actes de la Société Helvétique réunie à Bex.
Mittheilungen Nr. 933—936.

Ueber das Verhalten des Muskels zum Nerven.

(Im Auszuge mitgetheilt)

von

W. Kühne.

---

1. Wird der Nerv eines stromprüfenden Froschschenkels der oberen Strecke eines frei hängenden, mit Curare vergifteten *M. Sartorius* angelegt und dieser durch Benetzung des Querschnittes erregt, so zuckt der Schenkel kräftig. Mit Ausnahme des NH_3 und des concentrirten Glycerins erzeugt Alles, was vom Muskelquerschnitte primäre Zuckung hervorruft, regelmässig auch secundäre; ebenso wirken das Anlegen des Schnittes mit der Scheere, Unterbindung und localisirte elektrische Reizung des Muskels.

Der Nerv des secundären Schenkels kann ohne wesentliche Aenderung des Erfolges in beliebiger Weise, auch in querer Richtung mit dem *Plexus sacralis* oder mit der Kniegegend, mit einer dem eigenen Querschnitte nahen oder fernen Strecke, auch in beliebigem Abstande vom primären Reizorte dem Muskel angelegt werden; liegt er der Muskelfaserung parallel, so tritt secundäre Zuckung nur ein, wenn die unterliegenden Muskelfasern an der Contraction theilnehmen. Aus dem *Sartorius* durch vorsichtiges Abreissen zu gewinnende Fleischstreifen, welche nicht breiter sind als der Nerv, genügen zu dessen secundärer Erregung vollkommen.

An nicht vergifteten Muskeln sind die Erscheinungen dieselben.

Alle secundären Wirkungen bleiben aus, wenn der Reiz primär versagt.

2. Die secundäre Zuckung ist sowohl von gedehnten, wie von contrahirt verbliebenen Muskeln bei jeder erneueten directen Reizung

zu erhalten, ferner wenn der Nerv zwischen 2 fest gegeneinander gepressten Sartorien liegt; gehindert wird sie durch Einschalten dünner Stanniol- oder Goldblättchen, nicht durch dünne Bäusche in Salzwasser getränkten Fliesspapiers.

Sehr erregbare Nerven bringen ihren Muskel zum Zucken, wenn sie den gereizten *Sartorius* nur in einem Punkte, mit dem Gipfel einer Schlinge berühren, während Nerven gewöhnlicher, mittlerer Erregbarkeit auch dann nicht reagiren, wenn sie in ähnlicher Weise an 2 Punkte möglichst derselben Muskelfasern angelegt sind. Die Erregung von irgend welchen Stellen des Muskels mittelst unpolarisirbarer Vorrichtungen abzuleiten fand ich bei allen Arten directer, am Querschnitte angebrachter Muskelreizung unmöglich; nur in einigen seltenen Fällen wurde die Ableitung mittelst zweier sich fast berührender feiner Drähte aus amalgamirtem Zink wirksam gefunden.

3. Wird der Nerv quer zur Muskelfaserung auf den First des über ein feines Glasstäbchen gehängten *Sartorius* gelegt, dessen Enden mit 2 durch denselben Schnitt erhaltenen Querschnitten herabhängen, so ist die auf gleichzeitige Reizung derselben erfolgende secundäre Zuckung besonders kräftig, während es zu beiden Seiten des Aequators Stellen giebt, welche schwache oder gar keine secundäre Wirkungen zeigen.

Aehnlich verhält sich ein um einen stärkeren Glasstab geschlungener *Sartorius* bei elektrischer Reizung des mit den Elektroden hergestellten Schlusses des Muskelringes.

4. Auf directe elektrische Reizung entstehen secundäre Zuckungen niemals, so lange die primären minimal oder mässig sind; es bedarf dazu immer verhältnissmässig bedeutender Erregung. Zu secundären Einzelzuckungen ausreichende elektrische Reize geben in rascher Folge angewendet secundären Tetanus von sehr geringer Dauer; durch Verstärkung der primären Reizung ist jedoch, auch in Abwesenheit wirksamer Stromschleifen, kräftiger secundärer Tetanus von grösserer Stätigkeit zu erzielen.

5. Werden die *Plex. sacr.* zweier Gastrocnemien dem *Sartorius* in verschiedenem Abstande vom Querschnitte und dazu parallel

angelegt, so liefern die auf Benetzung desselben secundär erregten Muskeln am Myographion einfache Zuckungscurven, deren Erhebungspunkte, entsprechend dem von Bernstein gemessenen langsamen und veränderlichen Verlaufe der Schwankungswelle im primär erregten Muskel, auf der Abscisse verschoben sind. Erhebliche Verspätung der Zuckung des Muskels, dessen Nerv dem gereizten *Sartorius*querschnitte am fernsten gelegen, ist häufig noch bemerkbar, wenn dieselbe, was garnicht selten vorkommt, die stärkere ist.

Die myographische Zeichnung der secundären Contraction hat, unabhängig von der Anlegungsweise des Nerven, die Gestalt einfacher Zuckungscurven, falls die primäre Erregung durch schnelles Benetzen des Muskelquerschnittes erzeugt worden, weicht aber in mehr oder weniger verwickelter Weise davon ab und zeigt Superponirungen nach manchen Reizungen durch Scheerenschnitte.

6. Der frische Querschnitt des *Sartorius*, ohne Berührung des Längsschnittes mit einem Nerven belegt, erzeugt nicht constant secundäre Zuckung, während Schrägschnitte öfter wirksam sind. Die etwas unsicheren Versuche glücken besser, wenn das andere Muskelende durch Scheerenschnitte von einer gewissen Geschwindigkeit und Neigung gereizt wird, als nach momentaner Berührung desselben mit Flüssigkeiten, in letzterem Falle, bei regelrechtem oberen Querschnitte vorzugsweise wo der untere diesem nicht parallel ist[1]).

7. Ein dem nervenlosen Ende des unverletzten *Sartorius* quer angelegter oder auf den regelrechten Querschnitt dieser Region sorgfältig angeklebter Nerv geräth in secundäre einfache oder in tetanische Erregung, wenn der Nerv des *Sartorius* entsprechend gereizt wird; im letzteren Falle ist die secundäre Wirkung allenfalls durch Elektricitätsleiter von den natürlichen Enden, von anderen Punkten dieses Muskels selten übertragbar.

8. Wird der Nerv eines von seinen mit nackten Querschnitten versehenen Enden her durch NH_3 Dämpfe zur stärksten Verkürzung gebrachten *Sartorius*, gereizt, so erzeugt der Muskel noch kräftige

[1]) Augenblicklich (im März) finde ich alle regelrechten Querschnitte von Muskeln frisch eingefangener Frösche bei jeder Reizungsweise secundär wirksam.

secundäre Zuckung oder secundären Tetanus, so lange er selbst noch Spuren von Bewegung zeigt.

Viele andere zur Schädigung der contractilen Substanz versuchte Mittel, wie Dehnung, Ermüdung, erhöhte Temperaturen, welche jedoch die markhaltigen Nerven nach bekannten Erfahrungen schonen, Gifte und Reagentien ergaben noch deutliche primäre neuromusculäre Bewegungen, zur Zeit, wo directe wie indirecte primäre Reizungen keine secundären Zuckungen mehr erzeugten.

9. Vom Nerven aus durch NaCl- oder Glycerinwirkung oder vom Rückenmarke durch dessen directe Reizung oder von den sensiblen Wurzeln her reflectorisch tetanisirte Muskeln gaben wohl secundäre Zuckungen, aber niemals secundären Tetanus. In Uebereinstimmung mit den von E. Hering und Friedrich am Frosche angestellten Beobachtungen fand ich den heftigsten Strychnintetanus der Kaninchenmuskeln unfähig secundären Tetanus am Froschschenkel zu erzeugen; es kam im besten Falle nach heftigeren secundären Eingangszuckungen zu schwach wühlenden Bewegungen.

Durch elektrische Reizung erhielt ich leicht starken secundären Tetanus von Präparaten, denen gar kein Strom zugeführt wurde, indem ich einen vibrirenden Quecksilberunterbrecher in den Kreis des eigenen Nervenstroms am primären Schenkel einschaltete. Selbstverständlich geschah die Ableitung vom Nerven- Quer- und Längsschnitt mittelst unpolarisirbarer Elektroden und wurden Ungleichartigkeiten im Kreise durch das vollkommene Ausbleiben jeder Erregung bei stromloser Ableitung des primären Nerven ausgeschlossen.

Du Bois-Reymond's Beobachtung, dass der mit Heidenhain's mechanischem Tetanomoter erzeugte rhythmische Tetanus auch secundären Tetanus gibt, fand ich bestätigt, ferner die Angabe von Morat und Toussaint, dass der vom Nerven her elektrisch erzeugte Tetanus aufhört secundär zu wirken, bevor die primäre Muskelleistung myographisch Veränderungen erkennen lässt.

10. Matteucci's Angabe, dass ein erregter Schenkel unter die mit dem Rückenmarke noch verbundenen Nerven eines andern Frosches gelegt, Reflexzuckungen erzeuge, fand ich für unsere Frösche

so wenig zutreffend, wie die weitere Ausführung, dass Erregung der Peripherie einzelner vom *Plex. sacr.* abgezweigter, nach dem Centrum hin durchschnittener Stämme Reflexe bewirke.

11. Von den Ureteren, dem Darme, dem Magen[1]), der Harnblase des Kaninchens, des Hundes, der Katze, sowie von dem auf elektrische Reizung sich kräftig contrahirenden Darme des Schleys erhielt ich keine Wirkung auf den Froschschenkel; ein Froschnerv auf die entblösste Iris eines Kaninchens, dessen Halssympathicus gereizt wurde, gelegt, blieb unerregt. Dagegen erwiesen sich die rothen und die farblosen Kaninchenmuskeln zu jeder secundären Wirkung fähig, gleichmässig unvermögend aber zu secundärem Tetanus während arhythmischer Reizung ihrer Nerven mit NaCl oder mit Glycerin.

12. Die heftigsten Zuckungen und der stärkste durch elektrische Reizung erzielbare Tetanus sind unvermögend die zwischen den betreffenden Muskeln *in situ* verlaufenden normalen Nerven secundär zu erregen. Nach Durchschneidung des N. ischiadicus unterhalb des Abganges der Oberschenkeläste, bei Reizung des *Plex. sacr.* unter Umständen in der Wade oder am Fusse bemerkbare Zuckungen, die erweislich nicht von Stromschleifen oder unipolaren Wirkungen herrühren, sind auf die nach dem Schnitte vorübergehend steigende Erregbarkeit des peripheren Nerven zu beziehen und verschwinden oft wieder, wenn die Wunde mit grosser Sorgfalt geschlossen und die normale Lage im Innern wieder hergestellt worden, während die kleinste Verschiebung oder das geringste Klaffen der Wunde sie zurückkehren lässt. Werden die Nerven des Sartorius und anderer Muskeln, mittelst der von Tiegel und Gergens näher beschriebenen Influenzmethode, oder in anderer Weise unipolar, aber localisirt gereizt, so gerathen einzelne Fasergruppen, von welchen dann allein secundäre Wirkung auf angelegte Nerven zu erzielen ist, in maximalen Tetanus, während vollkommener Ruhe ihrer unmittelbaren Nachbarschaft und anderer Regionen, deren Nerven durch die contrahirten Stellen ver-

---

[1]) Uebereinstimmend mit Matteucci's Angaben über die Unwirksamkeit des Darmes und des Magens, — vergl. Matteucci. Cours d'Électro-Physiologie S. 130.

laufen. Demselben merkwürdigen Verhalten begegnet man bei jeder Art directer Muskelreizung; es war mir sogar unmöglich, von dem einen Zipfel des am nervenlosen Ende gespaltenen Sartorius mittelst elektrischer Reizung auf den anderen zu wirken, bevor nicht nachweisbare Stromschleifen störend eingriffen. Dies und das Vorerwähnte braucht nicht zu beruhen auf unzureichender Erregbarkeit der im Muskel angelangten Nerven, denn ich fand es bei dem Zweizipfelversuche auch unmöglich, die nicht direct erregte Muskelhälfte in Bewegung zu setzen, wenn ich der andern gereizten Abtheilung den sehr erregbaren Stamm des aus dem Hilus weit herausragenden eigenen Nerven in günstigster Weise anlegte. Wurde der letztere dagegen auf einen zweiten Sartorius gebracht und dieser allein vom Querschnitte erregt, so zuckten beide Muskeln.

Das in gewissem Sinne an Immunität erinnernde Ausbleiben secundärer Erregung an *in situ* befindlichen Nerven einfach durch Nebenschliessung mittelst umliegender Muskeln oder indifferenter leitender Gewebe zu erklären, halte ich nicht für berechtigt: es verbietet dies schon der Umstand, dass allseitiges Einpacken des Nerven in zuckende Muskeln gewöhnlich ein weit besseres Mittel zu kräftigen secundären Erregungen ist, als blosses Anlegen; ferner die geringe Dämpfung, welche durch Umhüllen der zur secundären Contraction gebräuchlichen Präparate mit Massen von Froscheingeweiden zu erzielen ist, endlich du Bois-Reymond's Beobachtung secundärer Wirkung durch zwischengelegte ruhende Muskeln oder durch die Froschhaut hindurch. Ich selbst sah Gastrocnemien wirksam, deren ganze Länge mit einem dem secundären Nerven zum Polster dienenden 1 Ctm breiten Bausche aus 16 Lagen in Salzwasser getränkten, starken Fliesspapiers bedeckt worden. Wird trotz alledem der normal gelagerte Nerv auch nach Ersetzung des natürlichen durch den künstlichen, zu secundärem Tetanus besonders geeigneten, rhythmisch elektrischen Reiz nicht mit erregt, so bleibt kaum eine andere, als die schon vor längerer Zeit von du Bois-Reymond bei anderem Anlasse angedeutete Vorstellung übrig, nach welcher die Schwankungswellen in den die Nerven berührenden Muskelfasern mit solchen Phasendifferenzen und interferirend ver-

laufen, dass die Ausgleichung der elektrischen Spannungen in den letzteren allein geschieht. Muskelsäulen, gebaut aus hinreichend kurzen Muskelfasern mit geregelter, vom ersten bis zum letzten Elemente successiv verlaufender Innervation würden unter der Voraussetzung, dass jedes Element von demselben Ende her innerviren werde, ein gefährlich elektrisches Eingeweide sein: so bedenkliche Organe sind unsere Muskeln nicht, am wenigsten in der natürlichen auf andere Zwecke gerichteten Anordnung und mit der physiologischen, arhythmischen Innervation, aber sie werden es bis zu einem nicht unerheblichen Grade, je mehr wir sie entfalten und je weniger wir bei ihrer Reizung zeitlich und örtlich der Natur folgen. Mit dieser Betrachtung wird auch ein anderes als das bis jetzt versuchte Verständniss der dem NaCl- und Glycerintetanus mit dem natürlichen und reflectorischen gemeinsamen Unfähigkeit zu secundärem Tetanus möglich. Den Glycerintetanus wenigstens, dazu nur für zu schwach zu halten, verbietet mir die kolossale und oft sehr continuirliche Erhebung, welche ich Muskeln während secundärer Unwirksamkeit zeichnen sah, die vorher und nachher auf rhythmisch-elektrischen Reiz ihres Nerven vortrefflichen secundären Tetanus bei viel geringerer Leistung gaben. Da die vom Glycerin- und NaCl-Reiz vor dem Tetanus auftretenden und zuweilen selbst in den Intermissionen des Starrkrampfes vorkommenden Einzelzuckungen secundäre Zuckungen hervorrufen können, ist nicht an einen zu trägen, für Nervenerregungen ungeschickten Verlauf der Schwankungswellen, sondern wieder an Interferenzen derselben d. h. an den Ausgleich der electrischen Differenzen im Innern des Muskels zu denken. Wie die Nervenfasern von dem eindringenden chemischen Reize ganz ungleichzeitig erfasst werden, so antworten darauf auch die einzelnen Muskelfasern in höchst ungeregelten Intervallen und der Erfolg ist das eigenthümliche Wühlen, das man an allen derartig tetanischen Muskeln in der Regel, nöthigenfalls mit der Lupe erkennt. Ich zweifle kaum, dass dieses auch die Ursache des von Bernstein beim NaCl-Tetanus bemerkten, mit dem natürlichen übereinstimmenden Muskelgeräusches ist, welches in seiner schwierigen Definirbarkeit von den Tönen rhyth-

misch tetanisirter Muskeln noch mehr abweicht, als in der Tonhöhe. Mit dieser Betrachtung hört der wegen seiner Aehnlichkeit mit natürlichen Zuständen besonders beachtenswerthe chemische Tetanus nicht auf, zu den discontinuirlichen Vorgängen zu zählen, denn die arhythmische Contraktion ist weit entfernt, mit gedehnten Zuckungen oder sog. Contraktur zusammenzufallen. Festzuhalten bleibt aber, dass diese Zustände, ganz so wie es Brücke für die willkürlich anhaltende Muskelbewegung erläuterte, weitere Unterschiede vom elektrischen Tetanus, als die der Reizfrequenz aufweisen. Die nahe liegende Ausdehnung dieser Erfahrungen auf die Frage nach der Natur der so viele Zeichen des Tetanus an sich tragenden systolischen Contraction, raubt, wie kaum zu sagen nöthig, dem Fehlschlagen des secundären Tetanus vom Herzen die ihr meist zugeschriebene Bedeutung und lässt die secundäre systolische Contraction nur als Eingangszuckung erscheinen; es gibt also keinen Grund, die Zusammenziehung des Ventrikels nicht für tetanisch zu halten.

Es kann der Versuch gemacht werden, in den secundär unwirksamen Fällen Beweise für Tetani von so grosser Reizfrequenz zu finden, dass die elektrische Schwankung im Muskel nahezu continuirlich würde, was eine Annäherung an den Zustand der Contractur enthielte. Dass diese Art bis zu einer gewissen Grenze gestreckter Zuckungen keine entsprechende secundäre Wirkung aufweist, dürfte bekannt sein und nach den in § 11 erwähnten Beobachtungen entbehrt dieselbe jener überhaupt. Seit Brücke's Andeutungen über eigenthümliche, mit dem Rheonom zu erhaltende, im zeitlichen Verlauf veränderte Zuckungen, kann man solche weder für die natürlichen Verhältnisse noch für normale Muskeln im Allgemeinen abweisen, und ich bin sehr geneigt die ersichtlich etwas trägen Glycerinzuckungen des Curaremuskels, sowie die dem NH_3-Tetanus vorangehenden Einzelzuckungen, denen ich vor 20 Jahren irrthümlich secundäre Wirkung zugeschrieben, dahin zu rechnen. Dergleichen aber allgemein für den chemischen Tetanus geltend zu machen, scheint mir im Widerspruche mit dem lebhaften Flimmern der davon betroffenen Muskeln.

Um den letzten Fall secundärer Unwirksamkeit nicht unberührt

zu lassen, wäre noch des auffallenden Erlöschens des secundären Tetanus vor dem Nachlassen des primären zu gedenken. Hier greifen offenbar Ermüdung und die ohne sichere Grenze in's Absterben überleitenden Processe ein: der Muskel fängt an zu flimmern, und innere elektrische Abgleichungen beeinträchtigen die zuvor dem Nerven zu statten gekommenen; ausserdem wird der Tetanus mehr und mehr zur Contractur. Am Sartorius treten diese Veränderungen ausserordentlich leicht ein, bei Belastungen so leicht, dass man ohne längere Vertrautheit mit diesem Muskel in Zweifel gerathen wird, ob du Bois' am Gastrocnemius geführter Nachweis, dass der an aller Bewegung durch Dehnung gehinderte Muskel secundär wirke, für ihn Geltung habe. Erwägt man die ausserordentlich verschiedene Beschaffenheit der die Muskeln zusammensetzenden Fasern, so verlieren die genannten an einem so feinen Reagens, wie der secundären Wirkung, vor allen andern Kennzeichen bemerkbar werdenden Aenderungen alles Ueberraschende; man muss vielmehr erstaunen, dass der normale Muskel überhaupt der bekannten Regelmässigkeit bezüglich der secundären Erregung fähig ist.

13. Vom Nerven secundäre (nicht paradoxe) Wirkungen auf andere Nerven oder gar auf den Muskel zu erzielen, ist bekanntlich Niemandem geglückt. Das zweifellos negative Resultat aller nach dieser Richtung geschehenen Anstrengungen sollte uns um so mehr vor Augen bleiben, als wir aus du Bois' fortgesetzten Arbeiten wissen, dass die elektromotorische Kraft des Nerven die des Muskels übertrifft und als wir durch Bernstein bei der Erregung eine der des Muskelstromes ausserordentlich überlegene Schwankung des Nervenstromes kennen gelernt haben. Vollends muss das Missglücken aller secundären Wirkung vom Nerven auf den Muskel heute Eindruck machen, da wir aus E. Hering's jüngster Veröffentlichung erfahren, dass der entnervte Sartorius nicht allein auf Nebenschliessung zu seinem eigenen, schwachen Strome kräftig reagirt, sondern auch im stromlosen Zustande zum Zucken zu bringen ist, wenn man ihm einen andern stromgebenden Sartorius mit Längs- und Querschnitt anlegt.

Bis zu diesem Augenblicke scheint über das Versagen secundärer Wirkungen vom Nerven aus, noch Manches, z. B. die Umgebung der Axencylinder mit Markhüllen, die geringe Masse des Nerven u. dergl. beruhigt zu haben. Indess verhindern ja die Markhüllen den Nerven nicht durch die schwache Schwankungswelle des Muskels erregt zu werden, und selbst dann nicht, nachdem der Muskel auf einen schmalen Streif von Nervendicke reducirt worden. Ein mässig dicker Froschnerv wird nicht erregt, wenn man ihn dem stärkeren, gereizten Olfactorius eines grossen Hechtes anlegt, welcher marklose Nerv nach Beobachtungen von Dr. Steiner und mir mächtigen Längs-Querschnittstrom und gereizt vortreffliche negative Schwankung zeigt, Erscheinungen von ebenso unerwarteter Beständigkeit, wie die bei Fischen im Allgemeinen nicht vorausgesetzte, aber bei dieser Gelegenheit bemerkte beträchtliche Ueberlebenszeit der Nerven und Muskeln des Kopfes. Derselbe Nerv oder ein Bündel mehrerer Olfactorii sehr erregbaren schmalen Muskelstreifen ringsum angeschmiegt und gereizt, bringen diese ebensowenig aus der Ruhe, wie der kolossale *N. trigeminus* der Barbe seine Erregung auf einen ihm angeklebten *M. Sartorius* oder *N. ischiadicus* des Frosches zu übertragen vermag. Damit treten wir vor lauter Thatsachen, welche der Annahme erregender Wirkungen der im gereizten Nerven bekannten elektrischen Schwankungswelle wenig günstig sind.

14. Secundäre Erregungen von Muskel zu Muskel zu erzielen, vermochte ich seither so wenig, wie Andere vor mir: auch die schmalsten erregbaren Fleischstreifen blieben in Ruhe, wenn sie anderen direct oder indirect gereizten Muskeln von grosser Masse unmittelbar oder mittelst zweckentsprechender Leitungen zugänglich gemacht wurden. Wegen der bekannten der des Nerven nachstehenden Erregbarkeit des Muskels für elektrischen Reiz ist das Fehlschlagen dieses Versuches weniger bedenklich, als das des § 13 berichteten und im Einklange mit Hering's wichtiger Beobachtung, dass der zwar ganz wie der Nerv auf Schluss seines eigenen Stromes reagirende Muskel, im Gegensatze zum Nerven darnach keine Oeffnungserregung zeigt. Da das Anlegen des leitenden Bogens an Längs- und Querschnitt

gleichbedeutend ist mit positiver Schwankung, indem der die ganze intrapolare Strecke des Gewebes jetzt durchsetzende Strom darin erst entsteht, wie in einer Säule, nachdem dieselbe geschlossen, so liegt in der Schliessungszuckung Reaction auf positive Schwankung, im Ausbleiben der Oeffnungszuckung Indolenz gegen negative vor. Geht man von einem präexistirenden Muskelstrome aus, so ist dessen Schwankung in der Phase des Reizzustandes, wo die Welle die zu Erregungen für besonders geeignet erachtete Steilheit besitzt, nur eine negative und würde wol selbst dann noch unvermögend zu secundärer Muskelerregung bleiben, wenn sie, was nicht zutrifft, bis 0 sänke. Dass mit dieser Ueberlegung Bedenken gegen die Annahme vom ursächlichen Zusammenhange des im Muskel fortlaufenden Reizes mit dem absteigenden Theile seiner eigenen elektrischen Schwankungswelle entstehen, wird ausserdem zu erwägen sein.

Eigene Beobachtungen, die ich in Folge der Mittheilungen Hering's anstellte, veranlassen mich, seiner Deutung der von mir ehedem untersuchten Zuckungen des *Sartorius* auf Benetzung des Querschnittes beizutreten, nachdem mir eine solche allerdings schon zur Zeit, als Herr du Bois-Reymond mir seine Erfahrung, dass jener Muskel dabei wie eine Schlange zurückschnelle, zum Geschenk gemacht, vorgeschwebt hatte, aber unberücksichtigt geblieben war, weil ich nicht auf den Gedanken kam, dass die unwirksamen Flüssigkeiten, wie Wasser und manche Lösungen von Metallsalzen hinreichend schlechte Leiter seien, und nicht auf die viel später von du Bois gefundene momentane Polarisation bei der, wie ich wusste, unwirksamen Berührung des Muskels mit Quecksilber oder Platin verfiel. Zur Bestätigung der schönen Beobachtungen Hering's erlaube ich mir folgenden Versuch anzuführen: ich tauche den hängenden *Sartorius* so tief in Salzwasser ein, dass er nicht mehr herausschnellt, ziehe ihn wieder empor, bis der Querschnitt gerade noch am Flüssigkeitsspiegel haftet und lege der inneren Muskelfläche eine meisselartig zugeschärfte, gekrümmte Thonwalze an, welche mit dem anderen Ende nach unten reicht. Eine ähnliche Thonelektrode steigt heberartig aus dem Salzwasser, also vom Querschnitte nach abwärts. Wird der Kreis durch plötzliches Empor-

heben irgend welcher leitenden Flüssigkeit gegen die freihängenden Thonzapfen geschlossen, so zuckt der Muskel entweder heftig und unterbricht die Leitung, oder er geräth nach einer schwächeren Anfangszuckung in die von Hering beschriebene dauernde Unruhe, die nach Oeffnung des Kreises ohne kenntliche Zuckung sogleich verschwindet. Ein anderes Verfahren ist dieses: man nimmt 2 von Querschnitten begrenzte Sartoriusstücke, klappt jedes um die Fascienfläche zusammen und legt sie, je mit einem Doppelquerschnitte und dem Aequator, in fortlaufender Reihe zwischen 3 Thonwalzen, von welchen die erste und dritte, nichts zwischen sich fassenden, später durch Salzlösung in leitende Verbindung zu bringen sind. Auf Schluss an dieser Stelle erfolgt überall Zuckung und oft eine grosse Reihe von Contractionen, indem die Muskeln sich theilweise mit dem Aequator losziehen, sich darauf wieder strecken und nach Art einer Zunge rhythmisch gegen die Thonflächen lecken. Umkehren eines der Präparate oder Einschalten eines vierten Thones und eines dritten entgegengesetzt gerichteten Muskels hebt den Erfolg auf. Leider habe ich bis jetzt vergeblich versucht, irgendwie stromlos eingeschaltete Muskeln, durch einen oder mehrere wirksam angeordnete andere zum Zucken zu bringen, aber ich kann Hering's Versuch der Erregung eines unverletzten Sartorius durch geeignetes directes Anlegen eines zweiten mit Längs- und Querschnitt für Curaremuskeln bestätigen.

15. Wie durch den eigenen Strom ist der Muskel unter Umständen auch durch den des ruhenden Nerven zu erregen. Ich habe zwar beim Anlegen eines kurz umgekrümmten Froschischiadicus mit Längs- und Querschnitt gegen Querschnitt und Oberfläche des Sartorius keine Zuckung erfolgen sehen, aber es ist mir dies ausgezeichnet geglückt mit dem Olfactorius des Hechtes, nicht nur bei directer Berührung, sondern auch nach Einschaltung der im vorigen § erwähnten, nicht metallischen Leitungen. Es ist zweckmässig, den Muskel nur mit einer Ecke des Querschnittes und mit einer Kante des natürlichen Längsschnittes zwischen die Thone zu kleben, oder schmale Muskelstreifen zu nehmen, an welchen der Versuch übrigens auch mit einem Bündel von 3—6 Froschnerven gelingt. Die Oeffnungszuckung bleibt

hier ebenfalls aus. Einschalten der Nerven in umgekehrter, den Muskelstrom compensirender Richtung hebt den Erfolg auf, und ebenso bleibt alle Wirkung aus sowohl bei unmittelbarer wie bei mittelbarer Herstellung des Kreises, wenn man die Nerven stromlos anordnet oder durch in Salzlösung getränkte Baumwollenfäden von gleichem Widerstande ersetzt. Man kann daher nur sagen, dass der Strom des Nerven innerhalb gewisser Widerstandsgrenzen, wo der Muskelstrom allein zur Erregung nicht genügt, die Erregung durch Summirung mit jenem bedingt. Unverletzte oder stromlos eingeschaltete Muskeln durch geeignete rasche Berührung mit Längs- und Querschnitt markloser Olfactorii oder mittelst der Ströme von Frosch- oder Fischnerven zum Zucken zu bewegen, missglückte, falls jeder Verdacht gegen die Mitwirkung der stark alkalischen Fischlymphe auszuschliessen war.

16. Ungemein wirksam erweist sich der Hechtsolfactorius zur Erregung des Froschnerven auch ohne Betheiligung des Eigenstromes dieses. Der Froschnerv braucht nur irgendwo mit dem Querschnitte und einem Punkte der Oberfläche des über ein Glasstäbchen gekrümmten Riechnerven rasch berührt, oder selbst stromlos mittelst Thonleitungen dazu eingeschaltet zu werden, um heftige Schliessungs- und Oeffnungszuckungen auszulösen, während alle derartigen Versuche mit 2 Froschnerven unter Voraussetzung gleicher Widerstände nur einschlugen, wenn beide in gleichem Sinne stromgebend combinirt wurden.

17. Schon du Bois versuchte, ob der gereizte Nerv mit dem frischen Querschnitte auf den des Muskels wirke. Da die markführenden Nerven am Querschnitte nur in den seltensten Fällen Axencylinder, sondern meistens Markkappen und Pfröpfe veränderten Markes vorstrecken, war von dem Versuche kaum etwas zu erwarten. Um das Mark steifer und den Muskelquerschnitt weniger veränderlich zu machen, habe ich die Durchschneidung unter eiskalten Salzlösungen vorgenommen, worin es mit einer ganz reinen Scheere z. B. sehr gut glückt, Muskelstücke nach Art des Kautschuks gleich wieder zusammenkleben zu lassen. So wenig wie auf sich selber reagirten die verletzten Nerven und Muskeln nach dem Verkleben auf einander. Mit dem Olfactorius

in dieser Weise oder in Luft versuchte Berührungen am Froschmuskel ergaben kein anderes Resultat.

18. Die bis jetzt zur künstlichen Wirkung des Nerven auf den Muskel ersonnenen Mittel führten nur zu dem § 13 angeführten physiologisch wenig verwerthbaren Factum einer unter gewissen Umständen erfolgenden Betheiligung des Stromes ruhender Nerven an der Muskelerregung; ob ausserhalb der stromgebenden Strecke irgend welche Nervenerregung hinzukomme, fand ich für den Erfolg gleichgiltig. Fragt man nach dem Grunde des Fehlschlagens aller künstlichen neuromuskulären Erregung, so kann nur geantwortet werden mit dem Hinweise auf die natürliche, gegenwärtig kaum nachzuahmende Verbindungsweise der Nerven und Muskeln. Wie ich fand, gibt es 1) nur distincte Endigungen des motorischen Nerven in einem oder mehreren sehr kleinen Gebieten der Muskelfaser, 2) nur Endigungen mit directer Berührung der nervösen und contractilen Theile unter Ausschluss des Nervenmarkes. Dies liess sich vielleicht noch nachahmen, indem man den Olfactorius mit einem Rissende, das einem feinen Pinsel gleicht, unmittelbar auf den soeben angefertigten Muskelquerschnitt schleifte und den Nerven erregte. Allein auch Das schlug fehl. Dürfte man hier unmittelbare Berührung nach Art der im Leben vorhandenen voraussetzen, so würde die Annahme, dass die von mir gefundenen intramuskulären Axencylinder von wesentlich anderer Beschaffenheit, als die Olfactoriusfasern oder als die Axenkörper der motorischen Stämme seien, unabweislich. Angesichts der rapiden Veränderungen mancher entblössten Gewebe noch am Gefrierpunkte, der hier auch nicht hilft, kann indess von dieser Consequenz einstweilen abgesehen und dafür um so mehr Gewicht auf die Gestalt und Anordnung der hypolemmalen Nerven, welche sich schwerlich ersetzen lassen, gelegt werden. Innervationshypothesen, sowohl die von der Schwankung präexistenter Nervenströme, als die von chemischen Wirkungen ausgehenden können sich natürlich mit gleichem Rechte auf die Unmöglichkeit, normales leitendes und contractiles Gewebe künstlich zur Berührung zu bringen, berufen.

Dass die hypolemmalen Fortsetzungen des Nerven, sei es in Form der gestreckten Endfasern der Amphibien oder in Gestalt der End-

platten in den Nervenhügeln mit den Axencylindern epilemmaler Fasern oder der Nervenstämme im Wesentlichen und folglich unter sich übereinstimmen, bleibt, ehe Beweise vorliegen, selbstverständlich Hypothese; und die Chemie des Axencylinders, die darüber zu urtheilen berufen scheint, gewährt wenig Aussicht auf baldige Entscheidung dieser Frage, wenn man die keinem andern Gebiete der Histologie in solchem Maasse, wie diesem entgegenstehenden Schwierigkeiten erwägt. Voraussichtlich wird indess die Entscheidung von dort allein niemals kommen, denn ich hätte heute schon Differenzen der Reactionen von Art zu Art in derselben Ordnung und für einzelne Fasern desselben Individuums geltend zu machen. Kann man Hoffnungen in dieser Richtung überhaupt schon hegen, so würde ich dieselben an die § 13 erwähnte Erfahrung der Uebereinstimmung des elektromotorischen Verhaltens markloser Nerven mit dem der gewöhnlichen markhaltigen knüpfen.

18. Von allen Innervationshypothesen sind keine so interessirt an der Gestalt der motorischen Nervenendigung, wie die neuroelektrischen. Da ich für dieselben mit verantwortlich gemacht werde, habe ich versucht, die zwei Typen der Verästelungsweise hypolemmaler Nervenfortsätze als Platten und als Terminalfasern so vollständig und genau, wie es mir möglich war, festzustellen, um zur Erkenntniss des allen Gemeinsamen oder zu der äussersten, den Charakter der Endigung bewahrenden Reduction zu gelangen.

Von den Wirbellosen, wo zwar der Uebergang des Nerven zum Muskel am leichtesten zu constatiren, das Verhalten der zarten Nervenfibrillen zur Sohle der Nervenhügel aber noch ganz dunkel ist, war zunächst abzusehen, ebenso, mit Ausnahme der Rochen, von den Fischen, bei denen man bis jetzt über Andeutungen markloser Terminalfasern ohne Hügel und Sohle nicht hinausgekommen ist. Herr Borel, welcher den Fischmuskeln unter Heranziehung der neueren Methoden im hiesigen Laboratorium viel Zeit und Mühe opferte, vermochte bei den Knochenfischen auch zu keinen klareren Anschauungen zu gelangen, constatirte aber bei den Stören Abwesenheit der den Rochen eigenthümlichen Platten, die man ihnen hätte zutrauen können.

Nach meiner letzten von den Platten der Reptilien gegebenen

Darstellung kam es besonders auf Feststellung des Endgeästes bei den Amphibien an, deren Verhältnisse durch das Wegfallen des Hügels und der Sohle die einfacheren sind. Dank der ausgezeichneten von Cohnheim erfundenen Versilberungsmethode für Muskeln ist es hier verhältnissmässig leicht, zuverlässige Präparate, an welchen nichts übersehen werden kann, in hinreichender Zahl zu beschaffen, um über ein sehr grosses Material zu gebieten. Ich habe drei Vertreter der Gruppe untersucht, *Rana*, *Triton* und *Salamandra* und bei den letzteren eine erfreuliche Vereinfachung der vom Frosche bekannteren Verhältnisse gefunden, bei den Tritonen insofern die „Endbüsche" meist auf eine einzige epilemmale Nervenfaser reducirt sind, bei *Salamandra* noch durch die gänzliche Abwesenheit der auch bei Triton sehr kleinen und sparsamen Endknospen. Es gibt also *motorische Nervenendigungen, welche blos aus markfreien und kernlosen, direct und ohne jedes Zwischenglied zwischen Sarkolemm und contractilem Gewebe gebetteten Endfasern bestehen.*

Da der Astreichthum der Endbüsche die Complication des hypolemmalen Geästes befördert, so stellt dieses bei Triton und Salamandra das vereinfachte Schema des beim Frosche vorkommenden dar. Gefunden wurde als einfachste Form diese ─┼─, worin der stärkere Balken den letzten epilemmalen, markführenden Nerven, die vier winklig abgehenden die intramuskulären, der Muskelfaserung meist annähernd parallelen Endfasern darstellen, und wenn ich sagen sollte, wie weit diese, häufig so ┌╤═ modificirte Form noch reducirbar sei, so würde ich dieses Zeichen ┌═ dafür setzen. In der langen Zeit, während welcher ich dem Gegenstande immer wieder meine Aufmerksamkeit zuwandte, ist mir keine Nervenendigung vorgekommen, welche diese Figuren nicht enthalten hätte, niemals etwa die einfache ‾┬‾ Form, und ausnahmslos endlich jene unsymmetrische Abzweigung nach Art des Bajonetts, niemals in Gestalt der Stimmgabel. Das hieraus entstehende Bild geknickter Stäbe ist unter allen Umständen so charakteristisch, dass man ein mikroskopisches Präparat, in welchem jede andere Spur des Gewebes verwischt worden, daran mit Sicherheit als das einer motorischen

Nervenendigung erkennen würde. Der Verlauf der aus den genannten Theilungen hervorgegangenen Endfasern bewahrt im Allgemeinen den Parallelismus, es sind aber Neigungen der Fasern gegeneinander, besonders am Ende nicht selten, während ein Hinwenden oder kurzes Umbiegen des Endes gegen die Muskelsubstanz, vom Sarkolemm zur Muskelfaseraxe niemals vorkommt.

Aus dem anatomischen Verhalten der Endfasern geht eine auf den Ablauf in sie gelangender Erregungswellen einflussreiche Eigenthümlichkeit hervor, welche von Bedeutung für die Muskelerregung sein wird: es können in den nirgends fehlenden gleichgerichteten Parallelfasern keine Wellen ohne Phasendifferenz nebeneinander fortschreiten. Die durch die Maasse des kurzen Stückes an den knickförmigen Abzweigungen gegebene Verspätung der Welle im entfernteren Aste ist in den meisten Nervenendigungen eine offenbar recht übereinstimmende, womit jedoch Einrichtungen für grössere Verzögerungen, die bei gewissen Nervenerregungen belangreich sein könnten, nicht ausgeschlossen sind. In Erwägung des von Bernstein gefundenen ausserordentlich steilen, fast senkrechten Abfalles der elektrischen Schwankungswelle im Nerven, müssen die Entfernungsdifferenzen der durch parallelen Verlauf zusammengehörigen Endfasern von der nächsten Wurzel auch gross genug erscheinen, um beträchtliche elektrische Spannungsdifferenzen zwischen je 2 durch Senkrechte zu verbindenden Punkten zu ermöglichen. Zwischen diesen Punkten, denen vollends entgegengesetzte Vorzeichen zuzuschreiben sind, wenn die Schwankungswelle im Sinne Bernstein's den Nervenstrom umkehrt, liegt aber Muskelsubstanz, durch welche der Ausgleich der Spannungen geschehen muss, was für die Erregung Bedeutung haben kann. Da die Muskelfaser im Leben nicht die ausgeprägt prismatische Form besitzt, die ihr Manche nach Querschnitten gehärteter Präparate unberechtigter Weise zuschreiben, sondern ausser kreisförmigen und elliptischen höchstens stark abgerundete polygonale Querschnitte zeigt, so fallen die zwischen den hypolemmalen Nervenfasern vorhandenen Strombahnen grösster Dichte, welche vermuthlich die einzigen zur Muskelerregung genügenden sind, hinreichend tief unter das Sarkolemm, um die Erregung benachbarter Fasern noch mehr zu er-

schweren, als es Sarkolemm, Bindegewebe und Lymphe ohnehin schon thun dürften.

19. Es blieb noch über die Frage zu entscheiden, ob die für alle höheren Wirbelthiere mit Einschluss des Menschen gültige motorische Nervenendigung in Gestalt von Nervenhügeln mit gelappten Endplatten ebenfalls auf das soeben erörterte Schema zurückzuführen sei? Ich meine darauf eine bejahende Antwort geben und diese Einrichtung, deren höchste labyrinthische Verwicklung, obschon für andere Zwecke bestimmt, in der nervösen Platte der elektrischen Organe zu suchen wäre, als eine Vervollkommnung bezeichnen zu dürfen.

Meine Untersuchungen beziehen sich vorwiegend auf die Reptilien, in deren von Rouget gefundenen Nervenhügeln ich auch die Platte zuerst auffand. Es giebt bei diesen Thieren, wie ich es gleich anfänglich beschrieb, auch sehr lang gestreckte flache Nervenhügel mit spärlicher Sohle und einem Nervengeäste, das schon damals von mir als dem der Batrachier sehr verwandt bezeichnet wurde, und das gewisser, hier nicht zu erörternder Eigenthümlichkeiten wegen besonders an das des Erdsalamanders und der Tritonen erinnert. Ausgezeichnet ist es vor den Formen des Frosches hauptsächlich durch die buchtigen, mit kurzen Läppchen oder Buckeln besetzten Ränder der Aeste. Geht man deren Ursprunge nach, so zeigt sich nicht nur jenes vorhin geschilderte unsymmetrische Entspringen der Endäste mit Knicken, sondern noch eine andere auf dieselbe Bedeutung zurückzuführende Einrichtung, bestehend in bogenförmig gegeneinander und in sich zurückrankender Krümmung der Aeste, deren seitliche oder endständige Prominenzen so nahe zusammenrücken, dass sie nur sehr schmale Muskelbrücken zwischen sich fassen. Alle Uebergänge dieser Faserung, von der einfachsten, welche in einer einzigen um die Fläche gebogenen, mit Buckeln versehenen Schleife zu bestehen scheint, bis zur mehr circumscripten und labyrinthischen Platte in Hügeln von kreisförmiger, elliptischer und oblonger Basis kommen vor. Das einfachste Schema würde also hiermit ,
das entwickeltere mit dieser Figur zu bezeichnen sein.
Die breiteren in so merkwürdiger Weise ineinander verschränkten Lappen der höchst entwickelten Platte sind im Wesentlichen nur Ur-

sprungsflächen der genannten kleineren Läppchen, Knöpfe oder Stempel und diese gehen, soweit sich dies an den schwierig zu gewinnenden Querschnitten gehärteter Objecte feststellen liess, von den im Hügel die Wölbung einnehmenden Platten radiär zur Muskelfaseraxe angeordnet an die Basis des Hügels, wo sie den Muskelcylinder am Mantel berühren. Am Umfange der Hügelbasis sind es die Platten wieder selbst oder einzelne Auswüchse, welche sich flach gegen die contractile Substanz legen. Das Schema der Anordnung im Durchschnitte dargestellt ist dieses ⟶, also wiederum eine Berührung von Punkten des Muskels mit Nerven ungleichen Abstandes von der nächsten Wurzel. Der Unterschied in den beiden Typen der motorischen Nervenendigung liegt demnach nicht etwa in Abweichungen von der Einrichtung zur Erzeugung der Phasendifferenzen, sondern hinsichtlich der höher entwickelten Formen in der vorwiegenden Verwendung der äussersten Enden als Erregungsstellen, in der Kürze der dazwischen genommenen Muskelstrecken, in der Einschränkung des innervirten Muskelareals und in der grossen Zahl der zur Verwendung kommenden Berührungsstellen, wie man sagen wird, in dem Reichthum sehr gedrängt stehender Elektroden. Dazu kommt als etwas Neues die Ausfüllung der Zwischenräume mit Kernen und feingekörnter Masse, welche vornehmlich die Enden der Nerven frei lässt. Könnte von dieser Materie starke negative Polarisation erwiesen werden, so wäre die Einrichtung von überraschendster Vollkommenheit und ganz darnach beschaffen, einen Fleck auf der Oberfläche des contractilen Cylinders mit einem Regen kleiner elektrischer Schläge zu treffen, von dem in der Nachbarschaft nichts mehr zu spüren wäre.

20. Nach den vorhandenen Beschreibungen der Nervenendigung im elektrischen Organ von Torpedo besteht kein wesentlicher Unterschied zwischen dieser und den motorischen Endplatten: in beiden ist das nämliche Princip nervöser Endverästung eingehalten. Auch der von Ciaccio auf der peripheren Plattenfläche gefundene Besatz mit kleinen nagelförmigen Fortsätzen findet ein Abbild in den von der motorischen Plattenwölbung zur Basis reichenden kurzen Stempeln. Stellt diese Nervenendigung die motorische oder Erregungsplatte in ihrer vollendetsten Form dar, so kann sie nicht

zugleich der Apparat sein, mittelst dessen das sie enthaltende Organ elektrische Wirkungen nach aussen erzielt, da der von ihr repräsentirten elektrischen Bürste gerade überwiegend locale Wirkungen vorgeschrieben sind. In Uebereinstimmung mit der von Babuchin gefundenen Entwicklung der elektrischen Organe bleibt deren wirksamster Bestandtheil in dem von der Platte erst innervirten Gewebe zu suchen, und dieses würde nach demselben Autor umgewandelte Muskelsubstanz sein, eine von zarten Zellen durchsetzte, der Disdiaklasten beraubte Masse, deren Identificirung mit der von Engelmann nach einer Anregung Darwin's im Muskel angenommenen Leitsubstanz nichts im Wege steht. Giebt es eine solche, so sind ihr auch die elektrischen Eigenschaften und die Schwankungswellen eines Muskels zuzuschreiben und da diese in den merkwürdigen von Babuchin entdeckten muskulösen Vorstufen des elektrischen Organs ausschliesslich endständig und sämmtlich vom centralen Orte her erzeugt werden können, weil eben nur hier der Nerv zutritt und endet, so muss es auch im entwickelten Organe, in welchem sich hierin nichts geändert hat, so sein. Damit hätten wir das Element der kurzgliedrigen Muskelsäule und Wer möchte bezweifeln, dass deren Bestandtheile nur in geregelten Intervallen successiv nach der Peripherie fortschreitend erregt werden, seit Bilharz die einzige Nervenfaser entdeckte, welche das ganze elektrische Organ des Malopterurus mit so regelmässig abzweigenden Aesten versorgt, dass an irgendwelche Inconstanz des nur von der Nervenleitungszeit geregelten Fortschreitens der Innervation von Platte zu Platte gar nicht zu denken ist!

Ueber die wechselseitige Umsetzung der neutralen Kalk- und Kalisalze der Oxal- und Kohlensäure.

Von Professor **A. Horstmann.**

Ueber die wechselseitige Umsetzung der neutralen Kalk- und Kalisalze der Oxal- und Kohlensäure habe ich in den letzten Jahren eine grosse Zahl (über 200) von Versuchen gemacht. Dieselben haben zwar nicht zu dem angestrebten Resultate geführt, aber doch zu einigen an sich interessanten Ergebnissen, die ich mir erlaube, dem Verein im Folgenden mitzutheilen. Dieselben können vielleicht bei zukünftigen ähnlichen Versuchen von Nutzen sein.

Meine Absicht bei Anstellung der Versuche war, eine Folgerung zu befestigen, welche ich aus meiner Theorie des chemischen Gleichgewichtes (Liebig's Ann. Bd. 170. S. 193) gezogen habe, die Folgerung nämlich, dass feste Körper keine chemische Massenwirkung ausüben können. Diese Folgerung hat sich bisher stets gut bewährt, namentlich wo gasförmige mit festen Körpern in Wechselwirkung treten. Für den Fall, dass flüssige (gelöste) Stoffe an dem Vorgang betheiligt sind, sprechen die Thatsachen nicht ganz so deutlich. Ich konnte zur Bestätigung der Theorie u. a. die wechselseitige Umsetzung zwischen den Baryt- und Kalisalzen der Schwefelsäure und Kohlensäure anführen, bei welcher nach Versuchen von Guldberg und Waage[1]) das chemische Gleichgewicht nur von dem Verhältniss der Kalisalze in der Lösung und nicht von

---

[1]) Guldberg u. Waage veröffentlichten neuerdings Versuche von S. Wiengel über die Wechselwirkung zwischen Salzsäure, Oxalsäure, Chlor-

den Mengen der festen Barytsalze abzuhängen scheint. Dieser Schluss ergiebt sich indess bei jenen Versuchen nur nebenbei, und bei andern Beobachtungen über Massenwirkung in ähnlichen Fällen (von Debus, von A. Chizinsky) fehlt der unentbehrliche Nachweis, dass sich dieselben wirklich auf einen Zustand des chemischen Gleichgewichtes beziehen. Ich hielt es darum nicht für überflüssig, in einem ähnlichen Falle die Massenwirkung noch näher zu untersuchen.

Die Umsetzung zwischen den Kalk- und Kalisalzen der Oxal- und Kohlensäure schien mir in mehrfacher Beziehung für solche Versuche besonders geeignet. Vor allem liess sich das Resultat der Versuche, die ja in grosser Anzahl ausgeführt werden sollten, leicht und rasch mit genügender Sicherheit ermitteln. Wenn man die ganze Menge der reagirenden Körper, nachdem dieselben die gewünschte Zeit hindurch auf einander gewirkt hatten, durch Dekantation in zwei gewogene Theile theilte, deren einer den gut abgesetzten Niederschlag, deren zweiter möglichst viel von der klaren Flüssigkeit enthielt, und wenn man durch Titration in dem einen Theil die Oxals. mit Chamäleon, in dem andern die kohlens. Salze alkalimetrisch bestimmte, so genügte jede dieser Bestimmungen für sich, um das Resultat der Umsetzung zu ermitteln, da die Gesammtmenge aller einzelnen Bestandtheile aus der Zusammensetzung vor der Reaction bekannt war. Jene beiden leicht und rasch auszuführenden Bestimmungen controlirten sich somit gegenseitig und gestatteten gröbere Versuchsfehler auszuschliessen.

Die Umsetzung zwischen kohlens. Kali und oxals. Kalk, wie auch die umgekehrte zwischen oxals. Kali und kohlens. Kalk geht nach H. Rose's Beobachtung schon bei gewöhnlicher Temperatur vor sich. Dies ist ein weiterer Vorzug, denn die Anwendung höherer Temperaturen würde bei der nothwendig langen Dauer mancher Versuche

kalium und oxalsaurem Kalk, bei welchem das chemische Gleichgewicht sich gleichfalls als unabhängig von dem einen betheiligten festen Körper erweist. Die Beschränkung, unter welchen sie nach ihren theoretischen Betrachtungen dieses Resultat gelten lassen, dürfte nach meiner Theorie nicht bestehen. J. prakt. Chem. Bd. 19. S. 69.

die Schwierigkeiten erheblich steigern. Die geringe Geschwindigkeit, mit welcher sich solche Reactionen vollziehen, bildet überhaupt die grösste Schwierigkeit der Untersuchung. Ich versuchte desshalb schneller zum Ziele zu kommen, indem ich die festen Körper nicht vor dem Versuch trocken darstellte, sondern dieselben als frisch entstandene Niederschläge der Einwirkung der löslichen Salze darbot. Mein Verfahren war daher ähnlich, wie bei den Arbeiten von Debus und Chizinsky. Ich goss Lösungen zusammen von Chlorcalcium, kohlens. Kali und oxals. Kali, in solchem Verhältniss, dass stets ein Ueberschuss der Kali-Salze unzersetzt übrig blieb. Es war freilich ein Uebelstand bei diesem Verfahren, dass Chlorkalium in die Flüssigkeit kam, von dem erst nachzuweisen wäre, dass es auf das chemische Gleichgewicht keinen Einfluss ausübt. Dagegen war ein grosser Vortheil, dass, bei Anwendung von Lösungen der genannten Salze mit bekanntem Gehalte, die Mengenverhältnisse der reagirenden Körper leicht beliebig geregelt werden konnten.

Ich werde im folgenden die angewendeten Mengen von Chlorcalcium, kohlens. Kali und oxals. Kali in Aequivalenten angeben, bezogen auf eine nahezu normale Salzsäure, mit welcher die Lösungen jener drei Salze verglichen waren: Das Chlorcalcium durch Chlorbestimmungen als Chlorsilber, das kohlens. Kali acidimetrisch, das oxals. Kali durch Vermittlung einer Oxalsäure-Lösung, die zugleich acidimetrisch und mit Chamäleon titrirt wurde. Der wahrscheinliche Fehler der Angaben wird etwa 4—5 Zehntel Aequivalent betragen. Der Zustand des Systems der reagirenden Körper zu irgend einer Zeit nach der Mischung kann durch eine einzige Angabe, z. B. durch die Menge des vorhandenen kohlens. Kalkes in Aequivalenten, charakterisirt werden. Da aber, wie erwähnt, das chemische Gleichgewicht von dem Verhältniss des kohlens. Kalis zu dem oxals. Kali in der Lösung abhängen soll, so habe ich bei jedem der anzuführenden Versuche neben der Menge des kohlens. Kalkes, den Gehalt der Lösung an kohlens. Kali in Procenten der Gesammtmenge jener beiden Kalisalze nach der Fällung mitgetheilt. Die Gesammtmenge der Flüssigkeit betrug bei den mitgetheilten Versuchen zwischen 150 und 250 cbcm. Bei den

direct verglichenen Versuchen ist jedoch die Verdünnung immer gleich.

Die Versuche bestätigten nun die Voraussicht, dass die frisch entstandenen Niederschläge sehr leicht und schnell von den löslichen Salzen angegriffen und eventuell umgewandelt werden. Es scheint, sich sogar in kürzester Zeit ein chemisches Gleichgewicht herzustellen. Dieses Gleichgewicht ist aber jedenfalls kein Definitives, es ändert sich nachträglich wieder mit dem Zustande des Niederschlages.

Dass der physikalische Zustand frisch entstandener Niederschläge sich nachträglich ändern kann, ist eine bekannte Thatsache. Berthelot glaubt sogar die dabei auftretende Wärmeentwickelung beobachtet zu haben. Auch dass solche Aenderungen des physikalischen Zustandes auf das chemische Gleichgewicht von Einfluss sein können, liess sich im Allgemeinen aus der Theorie ersehen. Dieser Einfluss war aber in dem vorliegenden Falle so unerwartet gross, dass dadurch die Versuche für den angestrebten Zweck werthlos wurden.

Ich führe zunächst einige Versuche von kürzester Dauer an, um den Erfolg der Einwirkung auf den frisch entstandenen kohlens. Kalk zu zeigen. Die Glaskolben, in welchen die Reaction vor sich ging, wurden bei diesen Versuchen nur während der ersten halben Stunde öfter umgeschüttelt und dann solange ruhig stehen gelassen (circa fünf Stunden) als nöthig war, um die Flüssigkeit hinlänglich klar abziehen zu können. Bei Versuch Nr. 1 wurden in (Aequivalenten) 45,0 Chlorcalcium mit 51,6 kohlens. Kali und 49,9 oxals. Kali zusammengebracht und zwar in der hier angeführten Reihenfolge. Man darf daher annehmen, dass beim Zugiessen des oxals. Kalis alles Calcium als kohlens. Kalk sich im Niederschlag befand. Dadurch bestimmt sich der „Anfangszustand“ von welchem die Einwirkung beginnt. Daneben stelle ich als „Endzustand“ das Ergebniss der Analyse nach Beendigung des Versuchs.

Nr. 1. Anfangszustand: 45,0 kohlens. Kalk; 11,7 % kohlens. Kali; Endzustand: 4,1 kohlens. Kalk; 84,1 % kohlens. Kali.

Man sieht, dass der kohlens. Kalk von gallertartiger Be-

schaffenheit, wie er unter den obwaltenden Umständen bei Zimmertemperatur sich abscheidet, durch das oxals. Kali zum grössten Theile nach 5 Stunden in oxals. Kalk umgewandelt ist. Ich füge gleich einen Parallelversuch bei, welcher zeigt, dass eine andere Modification des kohlens. Kalkes bei Weitem weniger leicht angreifbar ist. Versuch Nr. 2 ist mit derselben Mischung in derselben Weise angestellt, wie Nr. 1, mit dem Unterschiede, dass Chlorcalcium und kohlens. Kali in der Siedhitze unter Schütteln zusammengebracht und das oxals. Kali erst nach völliger Abkühlung hinzugegossen wurde. Der Anfangszustand war daher quantitativ auch derselbe wie bei Versuch Nr. 1, aber der kohlens. Kalk war diesmal als krystallinisches Pulver der Einwirkung des oxals. Kalis ausgesetzt. Nach fünfstündiger Dauer dieser Einwirkung (wie bei Versuch Nr. 1) fand ich aber:

Nr. 2. Anfangszustand: wie Nr. 1. Endzustand: 43,5 kohlens. Kalk; 14,2 % kohlens. Kali.

Im Gegensatz zu dem ersten Versuch war diesmal nur sehr wenig von dem kohlens. Kalk in oxals. Kalk umgewandelt.

Ich führe noch zwei weitere Versuche von derselben Dauer, aber mit andern Mengenverhältnissen an, um zu zeigen, dass der kohlens. Kalk von gallertartiger Beschaffenheit ebensoleicht umgewandelt wird durch kleinere Mengen von oxals. Kali und auch, wenn schon von Anfang an oxals. Kalk zugegen ist. Die ursprünglichen Salze führe ich in der Reihenfolge an, in welcher sie gemischt wurden.

Versuch Nr. 3. Angewendet: 45,0 Chlorcalcium; 82,6 kohlens. Kali; 20,0 oxals. Kali.

Anfangszustand: 45,0 kohlens. Kalk; 65,3 kohlens. Kali. Endzustand: 26,1 kohlens. Kalk; 98,1 % kohlens. Kali.

Versuch Nr. 4. Angewendet: 67,5 Chlorcalcium; 41,3 kohlens. Kali; 59,9 oxals. Kali.

Anfangszustand: 41,3 kohlens. Kalk; 0 % kohlens. Kali; Endzustand 9,2 kohlens. Kalk; 95,1 % kohlens. Kali.

In beiden Fällen war nach fünf Stunden (wie bei Versuch Nr. 1) fast alle Oxalsäure im Niederschlag.

Es geht aus diesen Versuchen hervor, dass bei dem chemischen

Gleichgewicht über dem gallertartigen kohlens. Kalk nur eine sehr kleine Menge, vielleicht gar Nichts, von oxals. Kali in Lösung sein kann. Das wird bestätigt durch einen Parallelversuch zu Nr. 3 mit den gleichen Mengenverhältnissen, bei welchem aber zu dem Chlorcalcium zuerst das oxals. Kali und danach das kohlens. Kali gebracht wurde. Der Anfangs entstehende oxals. Kalk war dabei nach fünf Stunden nur verhältnissmässig wenig angegriffen.

Versuch Nr. 5. Anfangszustand: 25,0 kohlens. Kalk; 100% kohlens. Kali; Endzustand: 29,5 kohlens. Kali; 92,2% kohlens. Kali.

Allerdings hat wie man sieht, eine kleine Zunahme des kohlens. Kalkes (aus oxals. Kalk) stattgefunden. Aber dieselbe Umwandlung macht sich nach einiger Zeit auch bei den zuersterwähnten Versuchen bemerklich, sobald nur aller kohlens. Kalk eine widerstandsfähigere Beschaffenheit angenommen hat, wie die folgenden Versuche von längerer Dauer beweisen. Die Analyse wurde bei diesen Versuchen erst ausgeführt, nachdem die betheiligten Körper während 2 resp. 4 Tagen aufeinander eingewirkt hatten. Dabei war die Zusammensetzung der angewendeten Mischungen stets dieselbe wie bei den Versuchen Nr. 3 u. 5, mit welchen ich sie hier zusammenstelle, in zwei Reihen, je nachdem zuerst kohlens. Kali oder oxals. Kali zu dem Chlorcalcium hinzugesetzt wurde.

	Zu dem Chlorcalcium kam zuerst					
	kohlens. Kali.			oxals. Kali.		
	Nr.	Kohlens. Kalk.	% Kohlens. Kali.	Nr.	Kohlens. Kalk.	% Kohlens. Kali.
Anfzustd.	—	45,0	65,3	—	25,0	100,0
Nach 5 Stund.	3	26,1	98,1	5	29,5	92,2
„ 2 Tagen	6	34,5	83,5	8	37,3	78,4
„ 4 Tagen	7	36,9	79,2	9	41,1	72,1

Man sieht, dass nach Verlauf der ersten fünf Stunden der Zustand sich in beiden Reihen in demselben Sinne ändert, dadurch, dass sich der kohlens. Kalk durch Umwandlung von oxals. Kalk vermehrt — im Gegensatz zu der umgekehrten Umsetzung bei

der ersten Einwirkung, welche bei der ersten Reihe und bei den andern angeführten Versuchen beobachtet wurde.

Aber weiter muss bei der Vergleichung der nebeneinander gestellten Versuchsreihen noch auffallen, dass stets mehr kohlens. Kalk bei den Versuchen der zweiten Reihe sich findet, wo doch nach der Reihenfolge der Mischung im ersten Moment weniger kohlens. Kalk erzeugt wurde, als bei den entsprechenden Versuchen der ersten Reihe. Dieselbe Beobachtung habe ich noch öfter gemacht bei Versuchen mit gleichen Mischungsverhältnissen, gleicher Dauer und gleicher Behandlung. So z. B. bei den unter Nr. 10 u. 11 angeführten Versuchen, bei welchen 45,0 Chlorcalcium in wechselnder Reihenfolge mit 72,3 kohlens. Kali und 29,9 oxals. Kali zusammengebracht wurden, und die Einwirkung je 24 Stunden dauerte.

	Anfangszustand.	Endzustand.
Nr. 10.	45,0 kohls. Kalk; 41,4 % kohls. Kali	22,2 kohls. Kalk; 87,1 % kohls. Kali.
Nr. 11.	15,1 kohls. Kalk; 100 % kohls. Kali	25,9 kohls. Kalk; 80,9 % kohls. Kali.

Aehnlich wie hier ergab die Analyse noch in vielen andern Beispielen bei demjenigen von zwei sonst ganz gleich angestellten Versuchen, bei welchem oxals. Kali vor kohlens. Kali zu dem Chlorcalcium gegossen wurde, meist eine grössere Menge kohlens. Kalk im Niederschlag, manchmal nahezu die gleiche wie im umgekehrten Falle, niemals aber eine kleinere Menge. Diese sonderbare Erscheinung steht offenbar im Zusammenhang mit der verschiedenen Widerstandsfähigkeit des kohlens. Kalkes in seinen verschiedenen Modificationen. Man muss nach den mitgetheilten Beobachtungen annehmen, dass stets in der ersten Zeit nach der Mischung möglichst viel Oxalsäure in den Niederschlag geht, sei es direct bei der Fällung, sei es durch Umwandlung des zuerst entstandenen gallertartigen kohlens. Kalkes. Gleichzeitig jedoch beginnt langsam die entgegengesetzte Umwandlung des vorhandenen oxals. Kalkes in krystallinischen kohlens. Kalk. Es scheint nun, dass letztere Umwandlung einen Vorsprung gewinnen kann, dadurch, dass Anfangs gar kein oxals. Kali in der Lösung oder kein kohlens. Kalk in der gallertartigen Modification vorhanden ist, weil sie in diesem Falle nicht durch den umgekehrten Vorgang in der ersten Zeit verdeckt

und überwogen wird. Dazu kommt vielleicht noch hinzu, dass auch der oxals. Kalk wiederstandsfähiger ist nach längerem Stehen oder wenn er aus kohlens. Kalk entstanden ist, als frisch nach der Fällung.

Aus den mitgetheilten Beobachtungen geht jedenfalls hervor, dass auf dem eingeschlagenen Wege nicht das zu erreichen ist, was eigentlich durch die veränderte Reihenfolge bei der Mischung bezweckt werden sollte, — nämlich dem chemischen Gleichgewicht von zwei verschiedenen Anfangszuständen durch entgegengesetzte Reactionen sich zu nähern. Einem endgültigen stabilen Gleichgewicht, wie es allein in Betracht kommen kann, nähern sich die angeführten Versuche alle von derselben Seite durch Umwandlung von oxals. Kalk in kohlens. Kalk. Ich versuchte nun den erwähnten Zweck dadurch zu erreichen, dass ich für die umgekehrte Reaction von der krystallinischen Modification des kohlens. Kalkes, wie sie durch Fällen in der Siedhitze entsteht, ausging. Diese Modification wird nach einem schon mitgetheilten Versuche nicht gleich im ersten Stadium der Einwirkung zum grössten Theil in oxals. Kalk umgewandelt, aber die Umwandlung in diesem Sinne schreitet bei längerer Versuchsdauer langsam fort. Es blieb zu untersuchen, ob dieselbe bei einem bestimmten Grade der Umsetzung Halt macht, und ob der Grenzzustand derselbe ist, welchem auch die umgekehrte Reaction zu strebt.

Um trotz der langsamen Einwirkung diesen Zustand rasch zu ermitteln, vermischte ich nicht die ganze Menge des kohlens. Kalis auf einmal in der Siedhitze mit dem Chlorcalcium, sondern in einer Reihe von Parallelversuchen nur einen wechselnden Bruchtheil desselben, und brachte den Rest zugleich mit dem oxals. Kali erst nach längerem Stehen und völligem Erkalten hinzu. Die Versuche sind angestellt mit 45,0 Chlorcalcium, 49,3 kohlens. Kali und 49,7 oxals. Kali. Für den Anfangszustand ist angenommen, dass nur die durch heisse Fällung erzeugten Mengen von krystallinischem kohlens. Kalk im Niederschlag seien, da ja nach den mitgetheilten Beobachtungen der gallertartige kohlens. Kalk, der etwa entstand, sogleich in oxals. Kalk umgesetzt

wurde. Als Endzustand ist das Resultat der Analyse nach 18tägiger Einwirkung angegeben.

	Anfangszustand.		Endzustand.	
Nr. 12.	24,6 kohls. Kalk;	48,4 % kohls. Kali.	10,0 kohls. Kalk;	77,0 % kohls. Kali.
„ 13.	19,7 „ „	58,0 „ „ „	9,3 „ „	78,4 „ „ „
„ 14.	14,8 „ „	67,6 „ „ „	7,2 „ „	82,5 „ „ „
„ 15.	9,9 „ „	77,3 „ „ „	5,5 „ „	85,9 „ „ „
„ 16.	4,9 „ „	87,1 „ „ „	4,1 „ „	88,6 „ „ „.

Die Menge des kohlens. Kalkes hat, wie man sieht, überall abgenommen und dem entsprechend war der Gehalt der Lösung an kohlens. Kali gestiegen. Nun hatte sich bei anderen Versuchen, bei welchen kein heissgefällter krystallinischer kohlens. Kalk vorhanden und anfangs alle Oxalsäure im Niederschlag war, gezeigt, dass durch Umwandlung von oxals. Kalk in kohlens. Kalk der Gehalt der Lösung an kohlens. Kali abnehmen konnte bis auf 70 % und weniger, wie z. B. Versuch 17 beweist. Dieser Versuch ist angestellt mit 45,0 Chlorcalcium, 29,9 oxals. Kali und 72,3 kohlens. Kali, welche in der angeführten Reihenfolge zusammengebracht wurden. Dauer 10 Tage (Vgl. Versuch Nr. 11).

Nr. 17. Anfangszustand: 15,1 kohlens. Kalk; 100 % kohlens. Kali. Endzustand: 34,0 kohlens. Kalk; 67,0 % kohlens. Kali.

Nach diesem und anderen Versuchen mit ähnlichem Resultat war zu erwarten, dass das chemische Gleichgewicht eintreten würde, wenn die Lösung etwas weniger als 70 kohlens. Kali, auf 30 oxals. Kali enthielte, und zwar, nach den Eingangs erwähnten theoretischen Betrachtungen, unabhängig von der Menge der festen Körper im Niederschlag. Danach hätte jedoch bei einem Theil der Versuche obiger Reihe der Gehalt an kohlens. Kali abnehmen müssen, bei allen aber weniger zunehmen dürfen, als es in Wirklichkeit geschehen ist. Daraus folgt entweder, dass die vermutheten Gleichgewichtsbedingungen nicht der Wahrheit entsprechen oder, dass bei den verglichenen Versuchen die Bedingungen für den chemischen Vorgang nicht identisch sind. Die folgenden Beobachtungen scheinen mir unzweideutig für letzteren Schluss zu sprechen. Bei den Versuchen Nr. 18 und 19 sind 67,5 Chlorcalcium mit 72,3 kohlens. Kali und 29,9 oxals. Kali in der angeführten

Reihenfolge zusammengebracht worden. Bei Nr. 19 wurde jedoch das Chlorcalcium mit dem kohlens. Kali in der Siedhitze vermischt und das oxals. Kali erst nach völligem Erkalten hinzugefügt. Im Anfangszustand waren daher 67,5 kohlens. Kalk von krystallinischer Beschaffenheit im Niederschlag. Bei Versuch Nr. 18 dagegen wurde das oxals. Kali unmittelbar nach dem kohlens. Kali in das Reactionsgefäss gebracht zu dem frisch in der Kälte entstandenen gallertartigen kohlens. Kalk, so dass nach den mitgetheilten Erfahrungen sofort alle Oxalsäure in den Niederschlag gehen, und in der Lösung ausschliesslich kohlens. Kali bleiben musste. Die Einwirkung geht demnach hier, wenn man von dem ersten Stadium absieht, vom entgegengesetzten Anfangszustand aus in entgegengesetzter Richtung als bei Versuch Nr. 19.

	Anfangszustand.		Endzustand.	
Nr. 18.	37,6 kohls. Kalk;	100% kohls. Kali.	49,7 kohls. Kalk;	65,1% kohls. Kali.
„ 19.	67,5 „ „	13,8 „ „ „	44,9 „ „	79,0 „ „ „ .

Wie man sieht, laufen die beiden entgegengesetzten Vorgänge sozusagen an einander vorbei, anstatt zu ein und demselben Gleichgewichtszustand zu führen und diese Thatsache ist hier, bei den gleichen Quantitätsverhältnissen, nur so zu deuten, dass die einwirkenden Körper in beiden Fällen nicht chemisch identisch sind.

Ich will ein weiteres Beispiel anschliessen, wo ein ähnlicher Unterschied in der chemischen Beschaffenheit, in etwas anderer Weise hervorgerufen, beobachtet wurde. Parallel mit dem oben angeführten Versuch Nr. 15 habe ich einen andern Nr. 20 angestellt, der nur darin verschieden war, dass 9,9 kohlens. Kalk nicht durch Erhitzen, sondern durch 5tägiges Stehen und Schütteln bei Zimmertemperatur krystallinisch gemacht wurden, ehe man den Rest des kohlens. Kalis und das oxals. Kali hinzufügte. Ich stelle die beiden Versuche hier nebeneinander.

	Anfangszustand.		Endzustand.	
Nr. 15.	9,9 kohls. Kalk;	77,3% kohls. Kali.	5,5 kohls. Kalk;	85,9% kohls. Kali.
„ 20.	9,9 „ „	77,3 „ „ „	10,5 „ „	76,1 „ „ „ .

Man erkennt, dass sich bei den verglichenen Versuchen die Endzustände von dem Anfangszustand, welcher in quantitativer Beziehung

für beide identisch ist, nach entgegengesetzter Richtung entfernen und daraus folgt, dass durch die verschiedene Art der Erzeugung des krystallinischen kohlens. Kalkes ein Unterschied in den chemischen Eigenschaften der reagirenden Körper hervorgerufen worden ist. Ich bemerke dazu, dass bei Versuch Nr. 20 die Veränderung in demselben Sinne stattgefunden hat, wie bei Versuch Nr. 17 und ähnlichen. Es scheint demnach die chemische Beschaffenheit der reagirenden Körper dieselbe zu sein, was für künftige Versuche zu beachten wäre.

Die beobachteten chemischen Unterschiede hängen ohne Zweifel grösstentheils von der Beschaffenheit des kohlens. Kalkes ab, von dem es ja bekannt ist, dass er je nach der Temperatur bei der Fällung in verschiedenen Modificationen auftreten kann. Aber allem Anschein nach können auch in der Beschaffenheit der gelösten Körper Verschiedenheiten vorkommen, welche sich in ähnlicher Weise bemerklich machen. Das folgende Beispiel möge dies darthun.

Als 25,6 Chlorcalcium zu einer Lösung gebracht wurden, welche schon gemischt 36,5 kohlens. Kali und 20,0 oxals. Kali enthielt, fand sich nach 24 Stunden im Niederschlag:

Bei Vers. Nr. 21: 11,2 kohlens. Kalk, als die Lösungen der Kalisalze unmittelbar vor dem Versuch gemischt waren und bei Vers. Nr. 22: 10,0 kohlens. Kalk, als die gemischte Lösung der Kalisalze vor dem Zusatz des Chlorcalcium 7 Tage gestanden hatte.

Wie hier, so fand sich noch in mehreren Versuchsreihen die Menge des kohlens. Kalkes im Niederschlag grösser, wenn das Chlorcalcium mit einer frisch bereiteten Mischung der Lösungen der Kalisalze zusammengebracht wurde, als wenn die gemischte Lösung vorher längere Zeit gestanden hatte. Ein solcher Unterschied kann nur daher rühren, dass sich die chemische Beschaffenheit der gelösten Kalisalze (vielleicht ihr Krystallwassergehalt?) mit der Zeit durch gegenseitige Einwirkung ändert.

Aus den mitgetheilten Beobachtungen erwuchsen für die geplante Untersuchung unerwartete Schwierigkeiten, denn einer bestimmten qualitativen Beschaffenheit der reagirenden Körper müsste man sicher

sein, um den Einfluss der Quantitätsverhältnisse studiren zu können, und gerade über die qualitative chemische Beschaffenheit verbreiteten die Versuche immer neue Zweifel. Man wird nun freilich nach allen Analogieen annehmen dürfen, dass allmählich, nach genügend langer Zeit, alle jene Unterschiede verschwinden werden, und dass sich schliesslich ein Gleichgewichtszustand zwischen chemisch-identischen Körpern herstellen wird, obgleich dem noch ein weiteres Hinderniss entgegensteht. Es zeigte sich nämlich bei einer ganzen Reihe von Beobachtungen, dass die Umwandlung des oxals. Kalkes in kohlens. Kalk viel langsamer und schwieriger vor sich ging bei allen solchen Versuchen, bei welchen die zugesetzte Menge des oxals. Kalis grösser war als diejenige des Chlorcalciums, bei welchen daher alles Calcium als oxals. Kalk in dem Niederschlag sein kann. Die Anwesenheit einer gewissen Menge kohlens. Kalkes, und zwar in der Form, in welcher derselbe bei der Umwandlung entsteht, scheint somit eine Vorbedingung für die Umwandlung selbst zu sein, oder doch dieselbe wesentlich zu begünstigen. Diese Erscheinung, welche bekanntlich in der Chemie durchaus nicht vereinzelt dasteht [1]), erhellt z. B. aus folgenden Beobachtungen. Bei Versuch Nr. 23 und 24 wurden 45,0 Chlorcalcium mit 49,9 oxals. Kali und darauf mit 51,6 kohlens. Kali versetzt, so dass im Anfang der Niederschlag keinen kohlens. Kalk und die Lösung 91,3 % kohlens. Kali enthielt. Man hatte nun bei Versuch:

---

[1]) Es ist sehr auffallend, dass man diese Erscheinung, die hauptsächlich bei der Krystallisation übersättigter Lösungen genau bekannt ist, nicht nur bei dem Wechsel des Aggregatzustandes unter den verschiedensten Umständen, sondern auch bei den verschiedenartigsten chemischen Vorgängen wiederfindet. Die betr. Zustandsänderungen, die an sich möglich sind, gehen nur dann vor sich, oder doch nur sicher und schnell, wenn eine minimale Menge der Stoffe bereits in dem neuen Zustande vorhanden ist. Sollte dem nicht ein allgemeineres Gesetz der Molekularmechanik zu Grunde liegen? Und sollte darin nicht eine Erklärung zu suchen sein für die Entstehung complicirterer Verbindungen im Organismus, oder vielleicht sogar für die Entstehung der Organismen selbst, die sich ja, soviel wir wissen, ganz analog nur dann entwickeln können, wenn Keime vorhanden sind, welche selbst von gleichartigen Gebilden herstammen.

Nr. 23 Endzustand nach 4 Tagen 0,4 kohlens. Kalk; 90,4 % kohlens. Kali.
„ 24 „ „ 22 „ 1,8 „ „ 88,4 „ „ „

Vergleicht man diese Resultate z. B. mit Versuch Nr. 9, so muss schon auffallen, dass hier nach viel längerer Zeit viel weniger kohlens. Kalk im Niederschlag ist, trotzdem die Lösung mehr kohlens. Kali enthält. Die fragliche Erscheinung wird aber noch deutlicher durch den Vergleich mit dem Versuch Nr. 25, bei welchem 48,0 Chlorcalcium mit 44,7 oxals. Kali und darauf mit 54,3 kohlens. Kali zusammengebracht wurden, so dass die Menge des Chlorcalcium wenig grösser war, als diejenige des oxals. Kalis. Nach 22 Tagen wurde die Analyse ausgeführt.

Nr. 25. Anfangszustand: 3,3 kohlens. Kalk; 100 % kohlens. Kali; Endzustand: 13,7 kohlens. Kalk; 79,6 % kohlens. Kali.

Dieser Versuch unterscheidet sich in Bezug auf die quantitativen Verhältnisse nur wenig von dem vorhergehenden und doch ist nach gleich langer Einwirkung viel mehr kohlens. Kalk im Niederschlag, weil schon im Anfang eine kleine Menge dieses Körpers vorhanden war.

In mehreren ähnlichen Versuchsreihen habe ich, wie hier, beobachtet, dass die Widerstandsfähigkeit des oxals. Kalkes gegen die Einwirkung des kohlens. Kalis plötzlich abzunehmen schien, sobald die Menge des oxals. Kalis soweit gesteigert wurde, dass aus dem Niederschlag alle Kohlensäure verdrängt werden kann. Ich will noch einen Versuch anführen, welcher zeigt, dass das Hinderniss, welches in solchen Fällen der Umwandlung entgegensteht, durch mechanische Mittel, z. B. durch häufiges heftiges Schütteln, beseitigt werden kann, ähnlich wie bei der Krystallisation übersättigter Lösungen, und dass dann die Einwirkung ebenso weit geht, als bei andern Versuchen, wo kohlens. Kalk von Anfang an vorhanden ist. Versuch Nr. 26 wurde in grösserem Massstab ausgeführt, in einer Flasche mit eingeschliffenem Glasstöpsel, in welcher man 90,3 Chlorcalcium mit 99,8 oxals. Kali und 154,9 kohlens. Kali zusammenbrachte. Danach befand sich im Anfang nur oxals. Kalk im Niederschlag und die Lösung enthielt 94,2 kohlens. Kali auf 5,8 oxals. Kali. Nach verschieden langer Dauer der Einwirkung, die

durch möglichst starkes und häufiges Schütteln unterstützt wurde, ergaben Proben der klaren Flüssigkeit Folgendes:

Nach	1	3	12	30 Tagen
enthielt die Lösung	93,9	93,3	69,1	70,3 kohls. Kali.

Der Niederschlag enthielt nach 30 Tagen 31,2 % kohlens. Kalk. An dem Aussehen des Niederschlags konnte man deutlich erkennen, dass nach 4—5 Tagen eine Veränderung desselben vor sich ging, wie sie auch aus den mitgetheilten Zahlen folgt. Der Niederschlag setzte sich nach dieser Zeit viel rascher ab und dichter zusammen, wie es der kohlens. Kalk im Gegensatz zum oxals. Kalk zu thun pflegt. Die Umwandlung des oxals. Kalkes in kohlens. Kalk trat demnach auch hier nicht sofort ein, aber doch schon viel früher als bei oben angeführten anderen ähnlichen Versuchen, wo nicht so stark und häufig geschüttelt wurde. Es scheint sogar, dass die Einwirkung bis zu einem definitiven Gleichgewicht (mit circa 70 % kohlens. Kali in der Lösung) vorgeschritten ist, da von 12—30 Tagen keine wesentliche Veränderung mehr bemerkbar ist. Ich glaube, dass dauernde möglichst starke Bewegung, womöglich durch Maschinenkraft, bei künftigen Versuchen über das chemische Gleichgewicht zwischen festen und gelösten Körpern unvermeidlich ist, wenn man zu sichern Resultaten kommen will.

Heidelberg, März 1879.

Ueber das Aufblühen der Gräser.

Von Dr. **E. Askenasy.**

(Mit Tafel.)

Man hat lange Zeit nur sehr ungenaue Kenntnisse darüber gehabt, wie das Aufblühen und die Befruchtung, die Uebertragung des Pollens auf die Narbe, bei den Gräsern, insbesondere bei den Getreidearten, stattfindet. Erst in neuerer Zeit haben Körnicke und Delpino hierüber richtige Angaben gemacht [1]).

Im Jahre 1873 hat dann Godron in den *Mémoires de la Soc. des sciences nat. de Cherbourg* sehr ausführliche und sorgfältige Beobachtungen über das Blühen der Gräser veröffentlicht, wobei er die Getreidearten besonders eingehend behandelte. Neuerdings hat auch Wilson einige Beobachtungen über denselben Gegenstand mitgetheilt [2]). Ich will hier die Art, wie Weizen und Roggen aufblühen, nach den Angaben Godron's, die ich bei meinen Beobachtungen vollkommen bestätigt gefunden habe, kurz beschreiben, da dies zum Verständniss des Folgenden nothwendig erscheint. Ich setze dabei den Bau der Blüthe als bekannt voraus.

Der Weizen blüht wie alle Gräser zu einer bestimmten Zeit auf, vorausgesetzt, dass die Temperatur ein gewisses Minimum (nach Godron 16° C.) überschreitet. Die Blüthezeit liegt von $4\frac{1}{2}$—$6\frac{1}{2}$ Uhr Morgens und das Aufblühen findet am reichlichsten um 5 oder $5\frac{1}{2}$ Uhr statt. Die Spelzen treten auseinander, wobei die Bewegung hauptsächlich von der unteren Spelze ausgeht, bis sie einen Winkel von etwa 45° miteinander bilden. Dann werden die drei Antheren durch das rasche Wachsthum der Filamente emporgehoben. Gleich-

---

1) Die Beobachtungen Beider sind mir nur aus dem Referat in Herm. Müller: Befruchtung der Blumen durch Insecten, S. 87, bekannt.

2) Sie sind mir nur aus dem Referat in Just's Bot. Jahresber. f. 1875, S. 903, bekannt geworden.

zeitig biegen sich die ursprünglich gerade gerichteten Narben rasch um, so dass sie seitlich über den Rand der Spelzen hervorragen. Die verlängerten Filamente vermögen nicht mehr das Gewicht der Antheren zu tragen; diese kippen daher um und biegen dabei die Filamente ebenfalls nach aussen um. Kurz vor dem Umkippen zeigen die Antheren nahe an ihrem Scheitel beiderseits einen kurzen Spalt, der sich weiterhin bis an die Basis verlängert, wobei in kurzen Zwischenräumen der gesammte Pollen in kleinen Quantitäten entleert wird. Je nach Umständen kann dabei (am Anfang) etwas Pollen auf die eigene Narbe der Blüthe fallen, oder nicht; im letzteren Falle ist diese also auf die Befruchtung durch den Pollen anderer Blüthen angewiesen.

Das Aufblühen des Roggens findet unter ganz ähnlichen Erscheinungen statt, wie das des Weizens. Die Blüthezeit fällt von 6—7 Uhr Morgens, das Minimum liegt niedriger, bei 14° C. Bei dem Roggen ebenso, wie beim Weizen und anderen ährentragenden Gräsern öffnen sich diejenigen Blüthen zuerst, die auf etwa ²/₃ Höhe der Aehre von der Basis dieser abstehen, von da schreitet das Aufblühen nach unten und oben vor. Wenn die Aehrchen mehrblüthig sind, so blühen die einzelnen Blüthen des Aehrchens ihrem Alter entsprechend von unten nach oben auf, es können bei dem Weizen z. B. an der Stelle der Aehre, wo das Aufblühen begonnen hat, schon zwei Blüthen in jedem Aehrchen aufgeblüht sein, weiter oben und unten erst eine.

Ich wurde zur Beobachtung des Aufblühens der Gräser hauptsächlich durch die Angaben über die rasche Verlängerung der Filamente veranlasst; eine nähere Untersuchung der Umstände und Ursachen dieses raschen Wachsthums schien mir einigen Werth für die Pflanzenphysiologie zu besitzen. Bei den von mir im Juni und Juli d. J. an Roggen und Spelz angestellten Beobachtungen ergab sich zunächst der wichtige Umstand, dass man bei solchen Grasblüthen, die zum Aufblühen reif sind, zu jeder Tageszeit das Auswachsen der Filamente bis zu ihrer vollständigen Länge veranlassen kann, wenn man die bei-

[1]) Bald nachdem der Pollen entleert ist, beginnen die Spelzen sich wieder zusammen zu schliessen. Die ganze Zeit des Offenseins der Blüthe beträgt normalerweise nur 1/4 Stunde bis 20 Minuten.

den Spelzen der Blüthe auseinander biegt. Diese beiden Spelzen wirken hier somit als eine Hemmungseinrichtung. Dem Bestreben der Filamente, sich in die Länge zu strecken, das in letzter Instanz auf der endosmotischen Anziehung der im Zellsaft ihrer Zellen gelösten Stoffe zum Wasser beruht, wirkt der elastische Druck der Spelzen entgegen, der wesentlich von dem Gewebe der Einfügungsstelle derselben ausgeht. Wenn die Staubfäden der Gräser unter natürlichen Verhältnissen zu einer bestimmten Zeit auswachsen, so ist dies eine Folge davon, dass die Spelzen der Blüthen zu einer bestimmten Zeit auseinanderweichen. Letzteres ist die primäre, ersteres die secundäre Erscheinung. Man bemerkt auch leicht, dass die Spelzen besonders darauf eingerichtet sind die Antheren festzuhalten und so das Auswachsen der Filamente zu verhindern. Bei dem Roggen z. B. ist der Querschnitt der Blüthe fast ein gleichseitiges Dreieck. An der einen Spitze desselben liegt der Mittelnerv der unteren Blüthenspelze, die beiden Hälften derselben sind zwei Seiten des Dreiecks, während die gegenüberliegende Seite von der oberen Blüthenspelze gebildet wird, deren eingeschlagene Ränder sich an die innere Seite der beiden Hälften der unteren Blüthenspelze anlegen. Innerhalb des Dreiecks liegen die drei Antheren dicht zusammen und werden von den Spelzen fest umschlossen. Bei Weizen und Spelz sind die Spelzen viel breiter, die untere Blüthenspelze ist kahnförmig, ohne scharfen Kiel. Hier wird der feste Schluss dadurch bewirkt, dass die obere Blüthenspelze ebenfalls kahnförmig ist und in die Höhlung der unteren hineinpasst. Ich habe nun das Auswachsen der Filamente bei Spelz, Roggen und anderen Secalearten oft beobachtet und suchte dabei die Geschwindigkeit des Längenwachsthums festzustellen. Ich verfuhr in der Weise, dass ich nach dem Auseinanderbiegen der Spelzen den Fruchtknoten mit den an dessen Basis befestigten Staubgefässen aus der Blüthe herausnahm (wobei sich die Narben sofort seitlich umbogen), die Lodiculae entfernte und das Ganze auf einen in mm getheilten Massstab brachte, wo dann die Verlängerung der Staubfäden bequem beobachtet werden konnte. An die Basis des Fruchtknotens wurde irgend ein Gegenstand gelegt, der das Ausgleiten verhinderte. Man kann

dann die Verlängerung der Staubfäden am besten beobachten, indem man die Lage der Basis der Anthere in aufeinanderfolgenden Zeiten am Massstab abliest. Während des Wachsthums der Filamente reissen die Antheren von der Spitze nach unten hin auf. Dem Aufreissen geht ein deutliches Aufspannen der Aussenwand der Anthere voraus, das oft mit eigenthümlich zuckenden Bewegungen verbunden ist. Im Folgenden theile ich einige Messungen über das Längenwachsthum der Filamente mit. Es wurde jedesmal nur ein Filament gemessen.

Secale cereale.

5. Juni 79.		6. Juni 79. Temp. 24° C.	
Zeit. V.-M.	Länge d. F.	Zeit. V.-M.	Länge d. F.
11^h 12^m	3 mm	10^h 14^m	3 mm
15 „	6,5 „	15 „	4,8 „
18 „	9 „	16 „	6,2 „
22 „	12 „	17 „	7,6 „
26 „	13 „	18 „	9 „
30 „	14 „	20 „	11,5 „
50 „	15 „	22 „	12,5 „

wuchs noch bis 15½ mm.

Secale creticum.

4. Juli. Temperatur 20° C.

Zeit. V.-M.	Länge d. F.	Zeit. V.-M.	Länge d. F.
10^h 21^m	3,5 mm	11^h 5^m	2,8 mm
23 „	5 „	7 „	5 „
25 „	6,5 „	12 „	9,7 „
27 „	8,7 „	15 „	11,8 „
29 „	10,2 „	20 „	13,2 „.
31 „	11 „		
33 „	12,2 „		
35 „	12,8 „		
40 „	14 „		
50 „	14,2 „.		

5. Juli. Temperatur 18° C.

Zeit. N.-M.	Länge d. F.	Zeit. N.-M.	Länge d. F.
3h 42,5m	3,5 mm	5h 17m	3 mm
44 „	4,8 „	19 „	4,2 „
46 „	6,6 „	21 „	6 „
48 „	8,8 „	23 „	8,2 „
50 „	10,8 „	26 „	10,5 „
52 „	11,8 „	29 „	11,3 „ .
54 „	12,8 „ .		

7. Juli. Temperatur 17,6° C.

Zeit.	Länge d. F.
12h 33m	3,5 mm
38 „	8 „
43 „	12 „
48 „	13,5 „
53 „	14 „
58 „	14,5 „
1h 10 „	15 „ .

Triticum Spelta.

17. Juni. Temperatur 20° C.

Zeit. N.-M.	Länge d. F.	Zeit. N.-M.	Länge d. F.
6h 2,5m	3,5 mm	6h 37m	3 mm
5 „	6,6 „	40 „	7,5 „
7,5 „	9 „	46 „	9,7 „ .
10 „	9,8 „		
15 „	10,5 „ .		

21. Juni. Temperatur 21° C.

Zeit. N.-M.	Länge d. F.
4h 12m	4 mm
14 „	7 „
16 „	8,7 „

4^h 18^m	10,2 mm
$21,5^m$	11 „
25 „	11,5 „ .

Aus den obigen Zahlen ersieht man, dass das Längenwachsthum der Staubfäden am Anfang der Messung, der aber natürlich nicht mit dem Beginn auch nur der letzten raschen Streckung zusammenfällt, am raschesten ist und gegen das Ende hin langsam wird, bekanntlich eine bei wachsenden Pflanzentheilen allgemeine Erscheinung. Die Geschwindigkeit des Längenwachsthums während der Hauptverlängerung des Fadens dürfte wohl die grösste sein, die bisher überhaupt beobachtet wurde [1]), sie beträgt in den meisten Fällen mehr als 1 mm per Minute und steigt mitunter bis zu 1,5 mm per Minute. Dabei muss man noch berücksichtigen, dass der wachsende Theil hier im Verhältniss zum Zuwachs eine geringe Länge besitzt; in den obigen Beispielen sehen wir, dass das Filament in 10 Minuten auf das drei- bis vierfache seiner ursprünglichen Länge heranwächst. Auch können die von uns gefundenen Zahlen keineswegs als Maximalwerthe angesehen werden; es ist nicht unwahrscheinlich, dass das Herausnehmen des Fruchtknotens mit den Staubgefässen aus der Blüthe die Geschwindigkeit des Längenwachsthums der letztèren etwas beeinträchtigt. Ich habe unverletzte Blüthen bisher nicht untersucht, weil diese sich zu exacten Messungen weniger gut eignen. Wenn man die Spelzen solcher Blüthen auseinander biegt, die noch nicht völlig reif zum Aufblühen sind, so erfolgt die Streckung der Filamente auch, aber viel langsamer. Bei noch jüngeren Blüthen strecken sich die Filamente unter diesen Umständen gar nicht. In Folge der früher erwähnten regelmässigen Folge im Aufblühen der Aehrchen bei Weizen und Roggen kann man diese Uebergänge an derselben Aehre leicht verfolgen. Ausser Roggen und Spelz habe ich noch einige andere Gräser untersucht (*Alopecurus*

---

[1]) Man hat auch sonst noch beim Oeffnen der Blüthen ein ziemlich rasches Wachsthum mancher Theile beobachtet, und es ist möglich, dass dies auch in anderen Fällen auf Entfernung einer Hemmung beruht. Vergl. die Angaben Pfitzer's über das Aufspringen der Blüthen von *Stanhopea oculata* (diese Verhandlungen, II. Bd. S. 30).

agrestis, Bromus mollis, Avena fatua). Auch bei diesen konnte ich durch Auseinanderbiegen der Spelzen das Wachsthum der Filamente veranlassen; doch war es hier immer langsamer als bei Roggen und Spelz. Will man hier ebenfalls den Fruchtknoten mit den Staubgefässen aus der Blüthe herausnehmen, um die Längsstreckung der Staubfäden zu beobachten, so ist es zweckmässig, diese in einem dampfgesättigten Raume zu halten, da die zarteren Filamente dieser Gräser leicht vertrocknen.

Die Staubfäden vom Spelz und Roggen haben bei Blüthen, die zum Aufblühen reif sind, eine Länge von 2—3 mm, wovon etwa 1 mm zwischen den beiden unteren Fortsätzen der Anthere liegt. Im erwachsenen Zustande erreichen sie bei dem Spelz eine Länge von etwa 12, beim Roggen von ca. 15 mm. Ihr Durchmesser beträgt etwa 0,12—0,15 mm und erscheint nach der Streckung nur unbedeutend verringert. Sie bestehen zum grössten Theil aus etwas langgestreckten Zellen, die der Länge nach in parallele Reihen geordnet sind und mit planen Querwänden an einander grenzen, auf dem Querschnitt einen polygonalen Umriss zeigen und von aussen nach innen an Grösse des Durchmessers abnehmen. Diese Zellen sind alle dünnwandig mit Ausnahme der Epidermiszellen, deren äussere Wand etwas stärker verdickt ist. Im Centrum liegt ein Gefässbündel mit drei oder vier Gefässen, Ring und Spiralgefässen. Der Inhalt der Zellen des Staubfadens erscheint feinkörnig, schwach gelblich gefärbt, und nimmt bei Behandlung mit Jod eine tief braungelbe Farbe an. Auffallenderweise konnte ich bei Roggen und Spelz darin keine Stärke nachweisen, während die Filamente anderer Gräser, selbst nachdem sie ausgewachsen sind, reichlich Stärke enthalten. Ich habe es leider versäumt, zu untersuchen, ob die Filamente von Spelz und Roggen Glycose führen. Die Zellen der Filamente sind von etwas ungleicher Länge, so insbesondere auch die der Epidermis. Indem ich aber eine ganze Längsreihe von Zellen der Epidermis vom oberen bis zum unteren Ende des Staubfadens durchmass (nach Behandlung mit Essigsäure), konnte ich brauchbare Durchschnittswerthe erhalten, die für die nähere Kenntniss der Art des Wachsthums einiges Interesse besitzen. In folgender

Tabelle sind die Resultate der mikrometrischen Messungen je einer Zellreihe der Epidermis von drei verschieden langen Staubfäden von *Triticum Spelta* enthalten. Die Zahlen beziehen sich auf Theilstriche des Ocularmikrometers, deren jeder = $^1/_{180}$ mm. Sie sind in der Reihenfolge von oben nach unten aufgeführt. Oben und unten wird der Staubfaden durch kleinzelliges nicht wachsthumfähiges Gewebe begrenzt.

Triticum Spelta.

Länge der Epidermiszellen.

I. Junges Filam. Ges. L. 1,9 mm	II. Halb erw. Filam. Ges. L. 4,2 mm	III. Fast erw. Filam. Ges. L. 8,8 mm
11	(5)	88
17	(10)	88
19	22	93
18	18	83
13	22	68
19	26	53
15	26	68
13	29	53
16	35	57
16	35	61
11	28	50
14	33	64
18	29	56
18	30	52
9	28	72
11	28	76
15	28	51
15	32	65
15	19	89
12	18	66

Junges Filam. Ges. L. 1,9 mm	Halb erw. Filam. Ges. L. 4,2 mm	Fast erw. Filam. Ges. L. 8,8 mm
8	25	49
12	28	46
9	26	Durchschn. Länge 67.
6	34	
10	23	
12	20	
Durchschn. Länge 13.	32	
	38	
	25	
	26	
	Durchschn. Länge 27.	

Man erkennt aus dieser Tabelle, dass die durchschnittlichen Längen der Zellen sich ungefähr so verhalten, wie die ganzen Längen der zugehörigen Filamente. Die betreffenden Zahlen sind 13:27:67 und 1,9:4,2:8,8. Hieraus folgt, dass während des letzten raschen Längenwachsthums, auf welches allein sich unsere Untersuchung bezieht, keine Quertheilungen der Zellen erfolgen. Ferner ergibt sich aus den Zahlen der Tabelle, dass alle Zellen des Staubfadens während der letzten Streckung desselben ziemlich gleichmässig und gleichzeitig in die Länge wachsen, das Wachsthum also nicht etwa zonenweise vorschreitet. Eine interessante Erscheinung ist das Verhalten der im Centrum befindlichen Gefässe während des Längenwachsthums des Staubfadens. Diese werden nämlich dabei der Länge nach vollständig auseinander gezerrt und zwar in unregelmässiger Weise, so dass man stellenweise einzelne Ringe oder schraubige Umläufe der Verdickungsleiste nahe bei einander liegen sieht, worauf dann ein leerer Zwischenraum folgt, dann wieder einzelne Windungen u. s. f., zum deutlichen Beweis, dass die Gefässe bei diesem Längenwachsthum sich vollständig passiv verhalten. Während des Wachsthums nehmen die Zellen des Staubfadens selbstverständlich Wasser auf. Ich fand, dass dies Wasser hauptsächlich von der Anthere herrührt. Wenn man nämlich bei einem aus der Blüthe herausgenommenen Fruchtknoten mit drei Staub-

gefässen an einem von diesen die Anthere theilweise abschneidet, so bleibt der zugehörige Staubfaden kürzer, als die zwei anderen; dagegen gelingt es mitunter, wenn man ein Staubgefäss an der Basis vorsichtig loslöst, dieses zur vollständigen Länge auswachsen zu sehen. Man kann solche an der Basis losgelöste Staubgefässe auf einem Objectträger in Wasser liegend unter einem Deckglase wachsen lassen und sie dabei unter dem Mikroskop bei stärkerer Vergrösserung beobachten. Man sieht dann, wie das Ende des Staubfadens mit grosser Geschwindigkeit durch das Gesichtsfeld vorüberzieht. Ich konnte dabei feststellen, dass auch in kurzen Zeiträumen (Secunden) das Wachsthum mit grosser Gleichmässigkeit stattfindet. — Die Menge Wasser, die ein Filament während des Längenwachsthums aufnimmt, lässt sich nach den früheren Angaben über Länge und Durchmesser annähernd zu $^1/_2$—$^3/_4$ mgr bestimmen.

Ein vielen Kindern wohlbekannter Versuch besteht darin, eine Roggenähre mehrmals zwischen den Lippen durchzuziehen, wobei die heraushängenden Staubgefässe abgestreift werden. Nach einiger Zeit kommen dann aber wieder frische Antheren zum Vorschein. Bei diesem Versuch werden die Spelzen etwas aus ihrer normalen Lage gebracht und diese Veränderung reicht hin, um die Filamente zum Wachsthum zu veranlassen. Der Versuch gelingt ebensogut, wenn man die Aehre zwischen zwei Fingern hin- und herzieht, wie dies schon Wilson angibt.

Dass Wachsthum überhaupt durch mechanischen Widerstand verlangsamt, ja zum Stillstand gebracht werden kann, unterliegt keinem Zweifel; man weiss auch schon durch Versuche, dass wachsende Pflanzentheile einen beträchtlichen Gegendruck zu überwinden vermögen. Doch ist aus diesen Versuchen nicht zu ersehen, in wie weit das Wachsthum dabei gegenüber dem unbeeinflussten Zustande verlangsamt wurde, und ob nach Entfernung des Widerstands zunächst ein rascheres Wachsthum eintrat. Die Staubfäden der Gräser, welche nach Entfernung der Hemmung in so rasches Wachsthum übergehen, behalten diese Fähigkeit ziemlich lange bei. An abgeschnittenen und in Wasser gestellten Halmen von *Secale creticum* fand ich, dass

Blüthen, die schon am ersten Tage zum Aufblühen reif waren, nach drei Tagen beim Auseinanderbiegen der Spelzen ebenso schnell ihre Staubfäden auswachsen liessen, wie am ersten Tag. Aus Beobachtungen im Freien glaube ich schliessen zu dürfen, dass, wenn durch ungünstiges Wetter das Aufblühen verhindert wird, die Staubfäden die Eigenschaft auszuwachsen eine Woche und länger behalten.

Ausser dem eben besprochenen Auswachsen der Staubfäden ist auch das spontane Auseinanderweichen der Spelzen bei dem Aufblühen der Gräser eine in mehrfacher Beziehung interessante Erscheinung. Da ich dieses indessen bisher nicht näher untersucht habe, will ich mich hier nur auf wenige Bemerkungen beschränken. A. P. de Candolle hat bekanntlich zuerst solche Blüthen, die sich nur einmal öffnen, um sich dann für immer zu schliessen, von den sich periodisch öffnenden und schliessenden unterschieden. Er nannte die ersteren ephemere, die letzteren equinoctiale Blüthen. Die Grasblüthen gehören zu der ersten Abtheilung. Sie sind besonders ausgezeichnet durch die kurze Dauer ihres Offenseins[1]), sowie durch die ziemlich hohe Lage des für das Aufblühen erforderlichen Temperaturminimums. Godron hat nach seinen Beobachtungen eine Tabelle angefertigt, worin er die tägliche Zeit des Aufblühens und die erforderliche Temperatur für eine ziemlich grosse Anzahl von Gräsern angibt[2]). Leider sind Godron's Temperaturangaben nicht ganz unanfechtbar, denn nach der Bemerkung S. 140 seines Aufsatzes wurden sie erhalten, indem er ein Thermometer an einem Stocke von der Höhe der Inflorescenz befestigte und daran die Temperatur bestimmte, ohne Rücksicht darauf, ob der Himmel bewölkt war oder nicht, was er auch im einzelnen Fall nicht angibt. Nun sind die Temperaturgrade, die ein in der Sonne hängendes Thermometer angibt, verschieden je nach dessen Construction, und sie geben keinen Aufschluss über die Tem-

[1]) Nach den Angaben Godron's (a. a. O. S. 191) bleibt die Blüthe von *Aegilops ovata*, falls sie nicht befruchtet wird, bis zum anderen Morgen offen. Es ist mir nicht bekannt, ob sich andere Gräser in diesem Falle ähnlich verhalten.

[2]) A. a. O. S. 141.

peratur, welche den benachbarten Inflorescenzen zukam. Manche der von Godron angegebenen Minima erscheinen auch ziemlich hoch für die entsprechende Tageszeit. Dagegen dürften seine Angaben über Temperaturminima für Getreidearten, da sie auf wiederholten Beobachtungen bei verschiedenartigem Wetter beruhen, eine grössere Sicherheit besitzen. Wenn bei unseren Getreidearten (insbesondere bei Weizen) die Temperatur zu der regelmässigen Zeit des Aufblühens unter dem Minimum liegt, später aber höher steigt, so wird, wie Godron angibt, das Aufblühen um einige Stunden verspätet. Ich selbst hatte Gelegenheit zu beobachten, dass Aehren von Spelz, die ich um 6 Uhr Morgens abgeschnitten hatte, und die in Folge des kalten Wetters nicht aufgeblüht waren, nach dreistündigem Stehen im wärmeren Zimmer ihre Blüthen öffneten. Falls aber die Temperatur längere Zeit unter dem Minimum verharrt, öffnen sich die Blüthen gar nicht und die Befruchtung erfolgt in der geschlossenen Blüthe. Bei der zweizeiligen Gerste finde ich, dass in hiesiger Gegend die Mehrzahl der Blüthen sich nicht öffnet (wegen zu hoher Lage des Minimum?). Dasselbe haben auch Wilson und Delpino beobachtet. Godron brachte abgeschnittene Halme von Gräsern Abends in einen dunklen Raum, er fand, dass sie trotzdem am nächsten Tag aufblühten, die Blüthezeit trat aber später ein als unter normalen Verhältnissen und das Blühen war weniger reichlich. Ich selbst brachte Aehren von Spelz Nachmittags und Abends in einen Raum mit einer Temperatur von 29—30° C. und konnte dadurch einzelne Blüthen zum Oeffnen veranlassen, ich beobachtete aber unter diesen Umständen nie ein so reichliches Aufblühen, wie zur normalen Blüthezeit. Wilson bemerkt (nach dem oben angeführten Referat), die Getreidearten könnten zu jeder Stunde des Tages und bei jedem Wetter ihre Blüthen öffnen. Wenn sich diese Behauptung auf spontanes Aufblühen bezieht, so ist sie unrichtig, wovon sich Jeder leicht überzeugen kann. Während man z. B. zur Zeit der Roggenblüthe von 6—7 Uhr Morgens immer viele Blüthen, die im Aufblühen begriffen sind, sehen kann, wird man später am Tag vergeblich nach solchen suchen.

Aus dem eben Angeführten darf man wohl den Schluss ziehen,

dass die Ursache, warum die Gräser unter normalen Verhältnissen zu ganz bestimmten Tagesstunden aufblühen, wahrscheinlich in dem Zusammenwirken von Licht und Temperatureinflüssen zu suchen ist[1]). Die nähere Erkenntniss der Art dieses Zusammenwirkens kann aber nur aus einer eingehenden besonders darauf gerichteten Untersuchung hervorgehen.

---

[1]) Vergl. übrigens die Bemerkungen in Pfeffer's Physiologischen Untersuchungen, S. 109.

Ueber explodirende Staubgefässe.

Von Dr. **E. Askenasy.**

Mit einer Tafel.

Man bezeichnet diejenigen Staubgefässe als explodirende, die nach erlangter vollständiger Ausbildung plötzlich aus ihrer nach vorn umgekrümmten Lage nach hinten zurückschnellen und dabei den Pollen aus der aufreissenden Anthere als kleine Wolke entlassen. Solche Staubgefässe kommen vor bei sämmtlichen Urticeen (wie ich aus den Abbildungen in Weddel's Monographie, *Arch. du Musée IX*, ersehe), ferner bei *Morus, Celtis tetrandra* und *Sponia macrophylla*[1]). Ich habe nur die von *Parietaria erecta*, *Urtica dioica* und *Pilea serpyllifolia* näher untersucht, hauptsächlich diejenigen der erstgenannten Pflanze, die wegen ihrer Grösse besonders für Beobachtungen geeignet sind.

Die männlichen und die Zwitterblüthen von *Parietaria erecta* besitzen einen aus vier nach unten mehr oder weniger zusammenhängenden Sepalen bestehenden Kelch, vier vor diesen stehende Staubgefässe und ein in der Mitte der Blüthe befindliches Pistill, das bei den männlichen Blüthen rudimentär bleibt. Die Staubgefässe haben längere, etwas breite Staubfäden, die auf dem Querschnitt hinten flach, vorn convex sind. Die Staubfäden setzen sich hinten etwas unterhalb der Mitte dem Rücken der Anthere an. Letztere ist vorn in ihrer Mittellinie tief eingefurcht. In der erwachsenen Blüthe ist das Fila-

[1]) Vgl. Delpino, *Ult. osservaz.* Parte II. S. 39.

ment vollständig umgekrümmt. Die Anthere umfasst die Basis des Filaments, indem diese in die eben erwähnte Furche hineinpasst, so dass der äussere Rand der beiden Antherenfächer ungefähr in gleicher Linie mit der hinteren Fläche des Filaments liegt. Hinten liegt der Staubfaden dem Sepalum an, das sich etwas über ihn hinwölbt, während vorn die Rückseite der Anthere an den Fruchtknoten stösst; in den Zwitterblüthen ist um die Zeit, wenn die Antheren reif sind, die Narbe längst abgefallen.

Die Gestalt des Filaments ist sehr eigenthümlich. Man bemerkt schon mit blossem Auge, namentlich an bereits explodirten und zurückgekrümmten Staubgefässen, dass sich auf der Vorderseite des Filaments zahlreiche quere gewölbte Leisten oder Rippen befinden. Solcher Leisten zählt man an jedem Filament 15—20, zwischen ihnen liegen entsprechende Einsenkungen. Die Leisten verlaufen bis nahe an den Rand des Filaments; sie sind übrigens in Bezug auf Höhe und Länge ziemlich ungleich. Auf dem Längsschnitt erkennt man, dass auch der innere Bau des Staubfadens manche Eigenthümlichkeiten aufweist [1]). Hinten zeigt uns der Längsschnitt einige langgestreckte schmale Zellen, dann folgt das Gefässbündel, das in der Mediane des Filaments, aber etwas nach dem Rücken zu liegt. Nun folgt eine Schicht grosser polyedrischer, parenchymatischer Zellen, aus denen der ganze vordere Theil des Filaments und die Rippen bestehen. Ganz aussen trifft man wieder eine einfache Zellschicht etwas langgestreckter schmaler Zellen, welche als Epidermis die ganze Vorderseite des Filaments überkleidet.

Der Bau der männlichen Blüthen von *Urtica dioica* und *Pilea serpyllifolia* ist dem der Zwitterblüthe von *Parietaria* ähnlich. Bei den männlichen Blüthen von *U. dioica* ist das Rudiment eines Pistills vorhanden, an welches die Rückseiten der vier Antheren sich anlegen; bei *Pilea*, wo kein solches oder nur ein sehr winziges Rudiment sich findet, stossen die beiden medianen umgekrümmten Antheren unmittelbar mit ihrer Rückseite aneinander, während die beiden

---

[1]) Vgl. die Abbildungen der Tafel.

seitlichen sich beiderseits an sie anlegen, wodurch die Blüthe auf dem Querschnitt die Gestalt eines länglichen Rechtecks erhält. Auch die Filamente der beiden Pflanzen sind ähnlich gebildet, wie die von *Parietaria.* Nur sind hier die Unterschiede der verschiedenen Gewebeschichten weniger auffallend, auch sind die Rippen weniger regelmässig gebildet. Bei *Parietaria erecta* und *Urtica dioica* enthalten die parenchymatischen Zellen des Vordertheils viel Chlorophyll- und Stärkekörner, welche dagegen bei *Pilea serpyllifolia* fehlen.

Wenn man an einem sonnigen Tage vor einem Busch von *Parietaria erecta* mit vollkommen entwickelten Blüthen steht, kann man leicht das spontane Explodiren der Staubgefässe beobachten. Man sieht dann — auch bei ganz ruhiger Luft —, wie an einer Blüthe plötzlich ein Staubgefäss sich erhebt und mit einem Ruck zurückschnellt; gleichzeitig reisst die Anthere in zwei Längsrissen auf und der Pollen stäubt wolkenartig hervor. Gewöhnlich schnellt nach dem ersten Staubgefäss bald auch das zweite, dritte und vierte zurück. Nicht selten vergeht aber längere Zeit zwischen dem Losschnellen der einzelnen Staubgefässe derselben Blüthe; man trifft daher auch einzelne Blüthen an, bei denen nur ein oder zwei Staubgefässe explodirt sind, die übrigen aber noch die ursprüngliche Lage besitzen. Ich habe dies spontane Losschnellen sowohl bei *Parietaria erecta,* wie bei *Urtica dioica* wiederholt beobachtet. Auffallend ist, dass Medicus[1]) dagegen ein solches freiwilliges Losschnellen nie gesehen hat, ja sogar dasselbe gegenüber den Angaben von Stähelin (aus dem Jahre 1721) und von Albr. v. Haller (aus dem Jahre 1742) ausdrücklich in Abrede stellt. Nach Medicus sollen sich die Staubfäden von *Parietaria officinalis* allmälig emporheben, zurückkrümmen und die Staubbeutel herabhängen lassen, die erst dann bei Berührung den Pollen plötzlich ausstreuen. Dagegen bemerkt er, dass bei anhaltender Hitze die Staubfäden von *Parietaria officinalis* und *lusitanica* auf Berührung zurückschnellen, nicht aber nach Regen oder Thau. Ich finde, dass

---

[1]) Medicus, Pflanzenphysiologische Abhandlungen. Leipzig 1803. S. 40, 46, 64 und 69.

die Staubfäden von *Parietaria* immer für Berührung empfindlich sind, wenn auch nicht immer in gleichem Masse, und habe ein allmäliges Zurückkrümmen nie beobachten können. Möglich ist aber, dass die Staubgefässe bei kühler Witterung sich anders verhalten, als im Sommer, wo ich sie beobachtet habe.

Man kann die Empfindlichkeit der Staubfäden von *Parietaria erecta* oder *Urtica dioica* gegen Berührung jederzeit beobachten, wenn man mit einer Nadel oder einem Messer die Antheren von der Basis des Staubfadens, die sie umschliessen, zu entfernen sucht. Sie schnellen dann sogleich zurück. Schon ziemlich junge Blüthen verhalten sich in dieser Weise; doch ist, wie schon erwähnt, die Empfindlichkeit bei verschiedenen Blüthen verschieden. Die Staubgefässe von *Pilea serpyllif.* sind hierin am empfindlichsten; schon eine leise Berührung der Blüthe bewirkt, dass die Antheren auseinanderweichen, aufreissen und dann die Staubfäden zurückschnellen. Man kann die Staubgefässe der genannten Pflanzen auch jederzeit durch Erwärmen zur Explosion veranlassen, z. B. wenn man bei Sonnenschein den Focus eines Brennglases darauf richtet oder einen heissen Körper in ihre Nähe bringt. Ebenso lassen erwachsene Blüthen ihre Staubfäden momentan zurückschnellen, wenn sie in Alkohol oder heisses Wasser gelegt werden.

Das plötzliche Losschnellen der Staubfäden bei den *Urticaceen* ist eine so auffallende Erscheinung, dass sie schon frühzeitig bemerkt werden musste. Nach Medicus[1]) findet sich die erste Nachricht davon bei Johann Bauhin um das Jahr 1600. Auch ist die Erklärung des Vorgangs durch die Wirkung des gespannten elastischen Gewebes der Vorderseite des Staubfadens so naheliegend, dass sie ebenfalls schon sehr früh ausgesprochen wurde, wie ich aus nachfolgendem Citat in Treviranus Biologie V. Bd., S. 214 ersehe: „Diese Erscheinung wurde weiter von Smith (Philos. Transact. 1788) untersucht, der sie aber mit Haller bloss für die Wirkung der Elasticität erklärte. Die Staubfäden der *Parietaria* werden seiner Meinung

[1]) A. a. O. S. 60.

nach durch die Kelchblätter in einer so gekrümmten Lage erhalten, dass, sobald der Kelch sich entfaltet oder gewaltsam geöffnet wird, die elastischen Staubfäden aufspringen und ihren Samenstaub ausstreuen." Die eigenthümlichen Rippen an der Vorderseite der Staubfäden von *Parietaria* wurden ebenfalls schon frühzeitig beschrieben. Sie werden schon erwähnt und abgebildet von Erdmann in Usteri's Annalen der Botanik (16. Heft. S. 17) im Jahr 1795, welcher bemerkt: Die Staubgefässe sind aus lauter Ringen wie eine Gänsegurgel zusammengesetzt und daher zur elastischen Bewegung ganz geschaffen. Erdmann bemerkte auch schon, dass die Zwitterblüthen von *Parietaria officinalis* wegen des frühzeitigen Abfallens der Narbe sich nicht selbst befruchten können. Der Bau der Staubgefässe von *Parietaria* wird ferner in Schkuhr's Bot. Handb., Leipzig 1808, 4. Theil, S. 326 beschrieben und abgebildet, wo die Rippen als „schwammige Gelenke" bezeichnet werden, die nach der Oeffnung des Kelchs durch ihre Schnellkraft die Staubgefässe zurückschlagen lassen. Auch in vielen andern descriptiven botanischen Werken wird der Bau der Staubfäden in den Abbildungen angedeutet.

Die meisten andern Schriftsteller, die den Gegenstand berühren, sprechen sich über die Ursache der Erscheinung in derselben Weise aus wie Smith in der oben citirten Stelle, so um nur die Neuesten zu nennen, Weddel in seiner *Monographie des Urt.*, Baillon (in der mir nicht zugänglichen Schrift *des mouvem. dans les org. sex.* Paris 1856 und in *Hist. des pl.* T. III. S. 497), Delpino, (*Ulter. osserv.* Part. II. S. 39). Diese Erklärungsweise von Smith u. A. ist nun zwar nicht unrichtig, sie trägt aber nicht allen Umständen Rechnung, die wenigstens bei *Parietaria* in Betracht kommen. Schon im Jahr 1815 hat Nasse in Reil und Autenrieth, Archiv für Physiologie, 12. Bd., S. 258 einen Aufsatz über den Einfluss der Wärme auf die Staubgefässbewegungen einiger Pflanzen veröffentlicht, worin er nachweist, dass die Staubgefässe von *Parietaria officinalis* durch höhere Temperatur zum Explodiren gebracht werden. Auch beobachtete er das Explodiren bei Benetzung der Blüthen mit Weingeist, Schwefelnaphtha oder einem ätherischen Oel. Er bemerkt dann

weiter S. 278: „Man hat das Zurückschnellen der Staubgefässe durch die Annahme zu erklären gesucht, die Kelchblätter hielten die Staubgefässe in der gekrümmten Lage und erst dadurch, dass jene beim Eintritt der vollen Entwickelung der Blume sich ausbreiteten oder sonst entfernt wurden, bekämen diese die Freiheit sich nach ihrer Neigung auszustrecken. Allein man kann die Kelchblätter von reifen Glaskrautblumen von den Staubgefässen abnehmen oder selbst ganz wegnehmen und dennoch verlassen die letzteren ihre gekrümmte Lage nicht, wenigstens nicht gleich und nicht in der Ordnung, in welcher man jene Blätter weggenommen hat. Es ist demnach nicht ein äusseres mechanisches Hinderniss, was jene Befruchtungstheile bis zu einem gewissen Zeitpunkt ihrer Entwickelung in der Ruhe des Pflanzenzustandes erhält; sondern die plötzliche Aeusserung einer pflanzenthierartigen Thätigkeit, welche auf der Höhe ihres Lebens einen Augenblick lang an ihnen sichtbar wird, erfolgt desshalb nicht eher, weil die innere Eigenschaft, woraus sie hervorgeht, bei ihnen nicht früher zur vollen Entwickelung gelangt.“ Durch die Art wie Nasse die Erscheinung erklärt, wird sich heutzutage gewiss Niemand befriedigt erklären. Er hat aber auf eine Unvollständigkeit in der früher erwähnten Erklärungsweise hingewiesen. Dies wird durch folgenden Versuch noch deutlicher. Man kann nämlich die Staubgefässe von *Parietaria* mit Hilfe einer Präparirnadel oder eines Messers vollständig frei aus der Blüthe herausnehmen und sie behalten ihre gekrümmte Lage zunächst bei. Erst nach Verlauf von 1—2 Minuten, selten nach einem längeren Zeitraum, trennt sich die Anthere von dem unteren Theil des Staubfadens, den sie bis dahin umfasste, los, und das Zurückschnellen erfolgt; es geschieht mit solcher Gewalt, dass das Staubgefäss dabei auf eine ziemliche Entfernung von der Stelle, wo es lag, fortgeschleudert wird. Bei *Urtica dioica* und *Pilea serpyllif.* gelang es mir dagegen nicht, Staubgefässe aus der Blüthe herauszunehmen ohne dass sie zurückschnellten. Da nun herausgenommene Staubgefässe bei *Parietaria erecta* zunächst in ihrer gekrümmten Lage verharren, so kann die Hemmung, die der elastischen Spannung des Gewebes der Vorderseite des Staubfadens entgegenwirkt, nicht

allein durch den Druck der andern Blüthentheile veranlasst sein. Wo diese Hemmung liegt, ist leicht festzustellen. Wenn man einen gekrümmten in der Blüthe befindlichen oder frei präparirten Staubfaden oberhalb der Ansatzstelle der Anthere abschneidet, schnellt derselbe sofort zurück, während die Anthere an der Basis des Staubfadens hängen bleibt. Hier liegt also zunächst die Hemmung für den Staubfaden. Sie beruht nicht allein auf einem blossen Druck der Fächer der Anthere gegen denselben. Denn man kann diese öffnen, so dass der Pollen herausfällt, ohne dass der Staubfaden sofort zurückschnellt[1]). Es muss demnach ein wirkliches Anhaften, Ankleben stattfinden. Die Stelle des Staubfadens, an welcher die Anthere anhaftet, liegt unmittelbar unter dem Orte, wo die ersten Querleisten beginnen. Sie ist kenntlich durch den farblosen Inhalt der Zellen und durch eine glatte etwas glänzende Beschaffenheit der Oberfläche. Das Anhaften ist aber nur temporär. Man muss annehmen, dass es durch den starken Druck, dem die Antheren in der Blüthe ausgesetzt sind, veranlasst wird, jedoch nach Entfernung dieses Druckes noch einige Zeit anhält. Dann aber beginnt sich die Anthere vom Filamente zu lösen, damit erhält der Zug, den der gespannte Staubfaden ausübt, das Uebergewicht und das Losschnellen erfolgt. Ich glaubte anfangs, dass dieses immer nach kurzer Zeit erfolgende Losschnellen frei präparirter Staubgefässe durch das Austrocknen der Anthere verursacht wird, es erfolgt aber auch, wenn man die Staubgefässe in einen dampfgesättigten Raum, ja selbst ganz unter Wasser bringt. Wenn Staubgefässe, in Alkohol oder heisses Wasser gebracht, sofort explodiren, so müssen wir annehmen, dass diese Medien zunächst eine Zusammenziehung der Anthere und damit eine Loslösung derselben vom Filament bewirken, wodurch dann das Zurückschnellen veranlasst wird. Wahrscheinlich wirkt Erwärmung in ähnlicher Weise,

---

[1]) Ueberhaupt steht das Aufreissen der Antherenfächer, das allerdings in der Regel durch die Erschütterung beim Zurückschnellen des Staubfadens erfolgt, nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit diesem. Man kann bei jungen Blüthen die Staubfäden zum Zurückschnellen veranlassen, ohne dass die Antheren aufreissen.

wenigstens halte ich es nicht für wahrscheinlich, dass hierbei eine Steigerung der elastischen Spannung des Fadens mit im Spiel ist. Wenn man Blüthen von *Parietaria* in 6procentige Kochsalzlösung legt, so schnellen einzelne Filamente sogleich zurück, andere, manchmal denselben Blüthen angehörige, nicht. Hier findet neben der Zusammenziehung der Antheren auch gleichzeitig eine Turgescenzverringerung des Fadens statt und je nach der Intensität und Schnelligkeit der beiden Vorgänge muss das Resultat ein verschiedenes sein. Wenn übrigens die Blüthen einige Stunden in einer solchen Lösung gelegen haben, verlieren die Staubfäden derselben die Eigenschaft, zurückzuschnellen, sie setzen dann sogar dem Versuch, sie zurückzukrümmen, einen gewissen Widerstand entgegen (in Folge der Steifheit der Zellhäute?). Auch wenn man abgeschnittene Blüthen von *Parietaria* liegen lässt, so dass sie langsam austrocknen, erfolgt meistens, aber nicht in allen Fällen, ein Zurückschnellen der Staubfäden, jedenfalls aus einem ähnlichen Grunde, wie bei dem Einlegen in Kochsalzlösung.

Wir können somit das Resultat unserer Untersuchung in den Satz zusammenfassen: das Explodiren der Staubgefässe von *Parietaria* beruht darauf, dass eine Hemmung entfernt wird und damit das turgescirende elastische zusammengedrückte Gewebe der Vorderseite des Staubfadens seiner Spannung freien Lauf lassen kann. Die Hemmung liegt zunächst dort, wo die Anthere den Staubfaden umfasst; das Anhaften der Anthere am Staubfaden wird durch den Druck veranlasst, dem das ganze Staubgefäss zwischen Sepalum und Fruchtknoten ausgesetzt ist, hält aber auch nach Entfernung dieses Druckes noch eine kurze Zeit an.

Erklärung der Figuren.

Fig. 1. Längsschnitt durch eine Blüthe von *Parietaria erecta*, schwach vergr.
Fig. 2. Querschnitt durch eine solche Blüthe. Vergr. $^1/_{25}$.
Fig. 3. Querschnitt durch eine Anthere von *Parietaria erecta* mit dem von ihr umfassten Filament; aussen ein Kelchblatt. Vergr. $^1/_{60}$.
Fig. 4. Längsschnitt durch eine junge Blüthe von *Urtica dioica*. Vergr. $^1/_{25}$.
Fig. 5. Längsschnitt durch eine ältere Blüthe derselben Pflanze. Vergr. $^1/_{25}$.
Fig. 6. Längsschnitt durch eine Blüthe von *Pilea serpyllif.* Vergr. $^1/_{25}$.
Fig. 7. Ein zurückgeschlagenes Staubgefäss von *Parietaria erecta*. Vergr. $^1/_{45}$. Die punktirte Linie deutet das Gefässbündel an.
Fig. 8. Längsschnitt durch einen Staubfaden derselben Pflanze. Vergr. $^1/_{180}$. Der Schnitt traf das Gefässbündel nicht, das gerade an der Grenze des langgestreckten und des parenchymatischen Gewebes liegt.
Fig. 9. Längsschnitt durch einen Staubfaden von *Pilea serpyllif.* Vergr. $^1/_{180}$.
Fig. 10. Längsschnitt durch einen Staubfaden von *Urtica dioica*. Vergr. $^1/_{180}$. Die punktirten Linien deuten die Lage des Gefässbündels an.

Anm. Da es nicht möglich ist, von frischen erwachsenen Blüthen Längsschnitte anzufertigen, ohne dass die Staubfäden losschnellen, wurden die Längsschnitte von etwas jüngeren, in Alkohol gelegten Blüthen bereitet. Sie zeigen die Lage der einzelnen Theile in der erwachsenen Blüthe richtig an, mit nur kleinen Abweichungen. So berühren sich z. B. die Antheren von *Pilea* mit ihrer Rückseite.

Die Laryngoscopie der Thiere nebst Mittheilungen über die Innervation des Stimm- und Schluckapparates.

Von Dr. **J. Steiner** in Heidelberg.

(Mit Tafel.)

I.

Die Laryngoscopie der Thiere.

Die Laryngoscopie ist ungewöhnlich lange ausschliesslich beim Menschen geübt worden; erst spät ging man dazu über, sie auch bei den Thieren in Anwendung zu bringen. Wie viel oder wie wenig Nutzen dem Laryngologen bisher aus der Erweiterung seines Gebietes erwachsen sein möge, kommt nicht in Betracht gegenüber dem Fortschritte, der jedesmal mit der experimentellen Behandlung einer Erscheinung gewonnen ist.

Ebenso hier; denn nur durch die beliebige Einführung dieser und jener Lähmung, wie sie am Thierversuch geschaffen werden kann, wird der Laryngologe die ganze wünschenswerthe Erkenntniss erlangen.

Den ersten hierhergehörigen Versuch verdanken wir G. Schmidt [1]), welcher die Katze als sehr geeignetes Object für Laryngoscopie empfiehlt. Die Beschreibung des Katzenkehlkopfes und seine Erfahrungen über die Veränderungen, welche das Spiegelbild desselben nach den verschiedenen Lähmungen der zugehörigen Nerven und Muskeln gewährt, bilden eine sehr schätzenswerthe Bereicherung unserer Kenntnisse.

---

[1]) G. Schmidt, Die Laryngoscopie an Thieren. Tübingen 1873.

Es folgten sehr bald Schech's gleiche Beobachtungen und Versuche am Hunde[1]).

Beide Forscher empfehlen ihre Thiere neben practischen Zwecken auch zu Demonstrationen der Stimmritze und der Phonation für die entsprechenden Vorlesungen.

Um den Erfolg von partiellen Vagusdurchschneidungen[2]) auf den Kehlkopf des Kaninchens controliren zu können, ging ich an den Versuch, die Laryngoscopie auch für dieses Thier einzuführen. Es stand durchaus nicht von vornherein fest, dass dieser Versuch gelingen müsste; im Gegentheil erschienen die Aussichten wenig günstig, da G. Schmidt's gleiche Bemühungen gescheitert waren „wegen der Schmalheit des Schlundkopfeinganges, der Tiefe der Mundhöhle, der Kleinheit des Kehlkopfes und der durch diese Dimensionen bedingten Kleinheit des anwendbaren Kehlkopfspiegels".

Es ist mir nun geglückt, alle die genannten Schwierigkeiten zu überwinden.

Man befestigt ein Kaninchen mittlerer Grösse mit dem Rücken nach oben auf das gewöhnliche Kaninchenbrett, von dem sämmtliche zur Fixirung des Kopfes angebrachte Vorrichtungen entfernt werden. Auf die eine Seite des Thieres (ich wählte regelmässig aus Gründen der Bequemlichkeit dessen linke Seite) stellt man in der Gegend des Kopfes einen gewöhnlichen Metallhalter auf, an welchem einer der gebräuchlichen Metallringe in beliebiger Höhe festgeschraubt werden kann. Der Durchmesser desselben darf die Dimensionen der Längsaxe des Kopfes nicht überschreiten, allenfalls darf derselbe etwas geringer sein. Dieser Ring wird nun genau auf den Kopf des Thieres eingestellt, welcher an dessen hinterer Umfassung dadurch befestigt werden kann, dass man dort die Ohren an ihrer Wurzel mit einem Bande festbindet. Weiter wird ein dünner, aber fester Faden um die

---

1) Ph. Schech, Experimentelle Untersuchungen über die Functionen der Nerven und Muskeln des Kehlkopfs. Zeitschrift für Biologie. Bd. IX. S. 258. 1873.

2) Vgl. Ueber partielle Vagusdurchschneidung etc. Du Bois-Reymond's Archiv 1878.

oberen Schneidezähne gelegt, die Schnauze an demselben bis unter die vordere Umfassung des Metallringes gehoben, der Faden über den Ring geschlagen und an dessen hinterer Umfassung dort festgebunden, wo schon die Ohren befestigt sind. Nun wird der Ring und damit der Kopf des Thieres so weit gehoben, bis der Hals möglichst gestreckt ist, wobei man darauf zu achten hat, dass derselbe gegen den Rumpf eine mässig abfallende krumme Linie bildet. Hierdurch erhält, wie ich glaube, der Schlundkopfeingang seine möglichste Weite. Endlich wird noch der Unterkiefer recht weit vom Oberkiefer entfernt, indem man den ersteren mit einem an den unteren Schneidezähnen befestigten Faden nach unten zieht, welcher um das Brett gebunden wird.

Das Thier athmet in diesem Zustande ganz ruhig und normal, es macht freilich im Anfang einige heftige Bewegungen, findet sich aber bald in diese ungewohnte Situation.

Der Kehlkopfspiegel, den ich benutzte, war von kreisrunder Gestalt, einem Durchmesser von 13 mm. und aus dünnem Glas gefertigt. Als Lichtquelle diente entweder eine Petroleumflamme oder die Gasflamme eines Argand'schen Brenners. Ihr Licht fällt auf einen schwach gekrümmten Concavspiegel, der in einem Stativ verschiebbar befestigt vor dem Thiere aufgestellt wird.

Um den Mund des Thieres genügend weit zu bekommen, zieht ein Assistent mit einem kleinen Wundhaken die rechte Wange des Thieres (von innen her) nach aussen; der Beobachter fasst die Zunge mit den Fingern der linken Hand, zieht dieselbe kräftig nach aussen und führt mit der rechten Hand den Spiegel in den Rachen, wobei der Stiel des ersteren von selbst die linke Wange nach aussen drängt und die Mundhöhle erweitert. Man kann bald den Assistenten entbehren, wenn man gelernt hat, mit einem Finger der Hand, welche die Zunge hält, die rechte Wange nach aussen zu drängen.

Auf diese Weise gelingt es häufig, ein Spiegelbild des Kehlkopfes zu bekommen, wenn der Kehlkopfspiegel eben an den weichen Gaumen angelegt worden ist; nicht selten erhält man das Bild schon, wenn der Spiegel eben noch an den letzten Backenzähnen steht. In schwierigeren Fällen muss man den Spiegel aber in den Racheneingang

hineinführen, um dann allmälig nach oben auftauchend, das Kehlkopfbild zu erhalten.

Wie schon Schmidt es für die Katze gethan, möchte ich ebenfalls hier darauf aufmerksam machen, dass man auf eine richtige Stellung des Kopfes und der Zunge zu achten hat; namentlich darf der Zug auf letztere nicht zu gross sein; man läuft sonst Gefahr, artefacte Spiegelbilder des Kehlkopfes zu bekommen.

1. Normales Spiegelbild des Kaninchenkehlkopfes.

Im Spiegelbild erblickt man den Kehldeckel, der bogenförmig geschweift ist und auf der Höhe des Bogens jedesmal eine leichte Incisur besitzt. Vor und unter dem Kehldeckel sieht man die Stimmritze; um dieselbe in ihrer ganzen Ausdehnung zu übersehen, ist es öfters nothwendig, den Spiegel in der entsprechenden Richtung zu drehen. Die Stimmritze besitzt bei den Kaninchen eine von Mensch, Katze und Hund sehr abweichende Form: sie hat durchaus die Gestalt eines Kelches mit der grössten Breite im vorderen, mit der geringeren im hinteren Theile (s. Tafel, Fig. 1), eines Kelches, dessen Oeffnung vom Kehldeckel geschlossen wird.

Der vordere kelchförmige Abschnitt ist die *Glottis vocalis*, der hintere Abschnitt, in dem die Ränder parallel zu einander stehen, ist die *Glottis respiratoria*. An dem Uebergange dieser beiden Abtheilungen ineinander kann man als scharf abgesetzte Ecken die *Processus vocales* der Giessbecken-Knorpel unterscheiden.

Wie auch schon Longet[1]) angiebt, nehmen beim Kaninchen die *Glottis vocalis* und *Glottis respiratoria* je die Hälfte der ganzen Stimmritze ein.

Die Länge der Stimmritze, am ausgeschnittenen Kehlkopf gemessen, beträgt 5 mm, die Breite in deren vorderem weitesten Theile ca. $3^1/_2$, im hinteren Abschnitt ca. 2 mm (beide Messungen nach dem Augenmass ausgeführt).

Bei ruhiger, normaler Athmung sind die Bewegungen der Stimm-

---

[1]) Physiologie des Nervensystems. Uebers. v. Hein. Bd. 2. S. 243.

bänder ausserordentlich rasch, ihre Excursionen sehr ausgiebig, und man beobachtet deutlich, wie sie sich bei jeder Inspiration von der Medianebene entfernen, bei jeder Exspiration sich derselben wieder nähern. Die Giessbecken-Knorpel machen die Bewegung mit. Die Farbe von Kehldeckel und Stimmbändern ist gelblich weiss, die der übrigen sichtbaren Theile, z. B. *Aryepiglottis*-Falten, grauröthlich.

Etwaige weitere Details sind bei der Kleinheit des Objectes nicht aufzufassen; Taschen- und Stimmbänder sind nicht von einander zu unterscheiden.

Sehr auffallend und eigenthümlich ist, dass die Stimmbänder nach vorn nicht im spitzen Winkel, sondern im Bogen zusammenfliessen, was ebenso im Spiegelbild, wie am ausgeschnittenen Kehlkopfe zu sehen ist.

Will man den Kehlkopf während der Phonation sehen, so ist es bei der bekannten grossen Indolenz der Kaninchen nothwendig, einen sensiblen Nerven, am einfachsten wohl den *N. ischiadicus*, electrisch zu reizen. Wie man sonst schon die Stimmgebung des Kaninchens mit allgemeiner Unruhe des Thieres verbunden sieht, so ist es hier noch besonders der Fall. Es ist deshalb schwer, die Configuration der Stimmritze während der Phonation deutlich zu sehen; doch glaube ich, dass die beigegebene Fig. 2 den Zustand möglichst getreu wiedergibt: die Stimmritze wird fast zu einer feinen Linie und bleibt nur in ihrem vordersten Theile etwas weiter.

2. Durchschneidung beider ***Nn. laryngëi inferiores.***

An demselben Thiere wurden nach Aufnahme des normalen Spiegelbildes die beiden unteren Kehlkopfnerven durchschnitten. Die Athmung erfährt nach deren Durchschneidung keinerlei Veränderung, nur hört man öfters das bekannte eigenthümliche Sägegeräusch.

Das Spiegelbild des Kehlkopfes hat die Form der Fig. 3: die beiden Bänder haben sich gegen die Medianebene hin einander genähert; sie haben sich gewissermassen coulissenartig vor die Stimmritze geschoben; die beiden *Processus vocales* berühren sich fast in der Mittellinie; die ganze Stimmritze ist also bedeutend enger geworden und die Ränder der *Glottis respiratoria*, die vorher parallel waren, stehen jetzt in nach hinten divergenter Richtung; die *Glottis vo-*

calis behält ihre nach vorn divergente Form, nur hat sich ihre Breite bedeutend verringert.

Die Bewegungen der Stimmbänder haben vollkommen aufgehört, doch kann man deutlich sehen, wie ihre inneren freien Ränder von dem Luftstrom in Schwingungen versetzt werden, die wohl die Ursache jenes Sägegeräusches sein mögen.

Lässt man auf die Durchschneidung der beiden unteren Kehlkopfnerven die der beiden *Nn. vagi* am Halse folgen, so treten mit dem veränderten Mechanismus der Athmung auch besondere Erscheinungen im Kehlkopfe auf: bei jeder Inspiration schliesst sich die Stimmritze, indem die beiden Stimmbänder, wie Ventile, gegen einander klappen; bei jeder Exspiration wird die Stimmritze wieder breiter (sie erscheint erheblich breiter, als nach doppelseitiger Recurrensdurchschneidung), indem der Exspirationsstrom die Stimmbänder passiv auseinanderdrängt. Es ist jetzt das Verhältniss eingetreten, welches Longet[1]) schon als Folge der Durchschneidung beider *Nn. recurrentes* beschrieben hat.

3. Durchschneidung beider *Nn. laryngei superiores.*

Nach Durchschneidung dieser beiden Nerven konnte eine Veränderung an der Stimmritze nicht beobachtet werden.

4. Durchschneidung sämmtlicher vier Kehlkopfsnerven.

Die Veränderung nach völliger Lähmung des Kehlkopfes ist in Fig. 4 dargestellt; man sieht, dass die Form der Stimmritze dieselbe ist, wie im Normalzustande, nur ihre Dimensionen haben sich insoweit verändert, als sie in ihrer ganzen Ausdehnung an Breite erheblich eingebüsst hat. Diese Verbreiterung ist wohl die Folge des Ausfalles der Innervation des *M. cricothyreoideus*, der seinen motorischen Nerven vom *N. laryngeus superior* erhält.

5. Spiegelbild des todten Kaninchens.

Dasselbe Kaninchen wird in der bisher innegehabten Stellung getödtet; die Betrachtung seines Kehlkopfes zeigte genau dasselbe Bild,

---

[1]) A. a. O. S. 240.

wie nach Durchschneidung sämmtlicher vier Kehlkopfsnerven. Dieses Resultat hätte man voraussehen können; ich habe es wohl auch vermuthet, habe aber trotzdem den Versuch ausgeführt, weil ich Veranlassung hatte, an die Möglichkeit zu denken, dass die die Configuration der Stimmritze bestimmenden Muskeln noch anderswoher könnten innervirt werden. Das ist also nicht der Fall.

Schon oben ist bemerkt worden, wie sehr die Stimmritze des Kaninchens sich von der des Hundes und der Katze unterscheidet. Um dem Leser den Vergleich sofort zu ermöglichen, habe ich die Stimmritzen jener beiden Thiere neben die des Kaninchens gesetzt (Fig. 5 und 6).

Diese Differenz giebt uns wohl eine Erklärung für die Thatsache, dass der Umfang der Stimme des Kaninchens ein so geringer ist und dass Kaninchen im Allgemeinen wenig zur Stimmgebung geneigt sind.

Die Laryngoscopie am Kaninchen kann ich weder für chirurgische Operationen und Medicamentapplicationen, noch für Studien über Phonation empfehlen: die Gründe dafür ergeben sich aus dem schon oben Gesagten. Dagegen möchte ich sie für die Vorlesungen empfehlen, um die Stimmritze am Lebenden und namentlich die die verschiedenen Athemphasen begleitenden Stimmbänderbewegungen zeigen zu können. Ist doch das Kaninchen auf den verschiedenen Laboratorien am meisten im Gebrauch und bei seiner Indolenz ein leicht zu behandelndes Thier, was man von Katze und Hund nicht sagen kann. Die Anatomie des Kaninchenkehlkopfes s. C. Krause, Anatomie des Kaninchens. S. 142.

II.

Innervation des Stimmapparates.

Zu normaler Stimmbildung ist bei den stimmbegabten Säugethieren neben anderweitigen Bedingungen zunächst die Integrität der Kehlkopfnerven, der *Nn. laryngëi*, nothwendig; namentlich sind es die

Nn. laryngëi inferiores, denen als Innervatoren fast sämmtlicher Kehlkopfsmuskeln bei jener Function eine hervorragende Rolle zuerkannt werden muss. Und die Durchschneidung dieses Nerven auf beiden Seiten vernichtet die Stimme für immer.

Aber dieser Satz ist nicht ohne Ausnahme: das erwachsene Kaninchen behält nämlich trotz der Durchschneidung beider *Nn. recurrentes* oder *Nn. vagi* am Halse seine normale Stimme. Diese Beobachtung, welche ich bei Gelegenheit meiner laryngoscopischen Untersuchungen zuerst gemacht hatte, war so überraschend, dass ich im ersten Augenblick an eine Täuschung bei der Durchschneidung jener Nerven denken konnte. Das war aber durchaus nicht der Fall und die Wiederholung des Versuches an mehreren Thieren überzeugte mich von der Richtigkeit der ersten Beobachtung, dass die Stimme des Kaninchens trotz doppelseitiger Durchschneidung der unteren Kehlkopfsnerven erhalten bleibt.

Bei der bekannten Indolenz jener Thiere ist es aber schwer, sie zur Erzeugung von Tönen zu veranlassen. Nach Mancherlei, was versucht worden ist, bleibt als sicheres Mittel hierzu immer nur der alte Weg, die Gefühlsnerven direct, z. B. im *Nervus ichiadicus*, electrisch zu reizen. Doch möchte ich hierbei aufmerksam machen, dass man die Thiere durch dieses Hilfsmittel nicht zu häufig nach einander zur Stimmgebung zwingen darf, weil es sonst an sich versagt.

Die nächste Vermuthung, die sich zur Erklärung der auffallenden Erscheinung darbot, war die, dass die Innervation des *M. cricothyreoideus*, welche vom *N. laryngeus superior* ausgeht, wahrscheinlich im Stande sei, eine zur Stimmbildung noch ausreichende Verengerung der Stimmritze zu veranlassen. Aber das Kaninchen behielt seine Stimme auch, wenn sämmtliche vier Kehlkopfnerven durchschnitten waren.

Der weitere Weg für die Untersuchung war nun von selbst vorgeschrieben: es wurden zunächst die sämmtlichen sogenannten äusseren Kehlkopfmuskeln, die *Mm. sternohyoideus* und *sternothyreoideus* durchschnitten, ohne dass die Stimme ausblieb. Erst die Durchschneidung des *M. hyothyreoideus* machte der Stimmbildung ein Ende. Bleiben die eben genannten Muskeln unversehrt und trennt man den

Kehlkopf von seinen rückwärts gelegenen Verbindungen mit dem *M. constrictor pharyngis inferior,* indem man den innervirenden Nerven, den *N. pharyngeus vagi*, durchschneidet, so bleibt auch hierbei die Stimme aus. Es ist also nach Ausschaltung sämmtlicher innerer Kehlkopfsmuskeln eine Stimmbildung beim Kaninchen möglich, wenn die *Mm. hyothyreoideus* und *constrictor pharyngis inferior* noch in Function sind; die Lähmung eines dieser beiden Muskeln aber hebt definitiv die Stimmbildung auf.

Die Möglichkeit einer Stimmbildung bei Erhaltung jener beiden Muskeln, deren Beziehungen zum Kehlkopfe nur rein nachbarliche sind, ist dadurch gegeben, dass einerseits der *M. constrictor pharyngis inferior* sich an den Schildknorpeln inserirt und bei seiner Contraction namentlich den hinteren Theil der Stimmritze verengert, während andererseits der *M. hyothyreoideus* bei seiner Contraction den vorderen Theil des Schildknorpels an die Giessbecken-Knorpel annähert und dadurch ein Aneinanderlegen der schlaffen Stimmbänder bewirken wird, weil dieser Muskel am Schildknorpel an einem Punkte des letzteren inserirt ist, der vor seiner Drehungsaxe um den Ringknorpel liegt. Auf diesen Einfluss des *M. hyothyreoideus* hat schon J. Rosenthal zur Erklärung einer anderen Thatsache aufmerksam gemacht[1]).

Es müssen also beide Muskeln zusammenwirken, um die nöthige Verengung der Stimmritze in ihrer ganzen Ausdehnung zu erzeugen. Ist einer der beiden Muskeln ausser Function gesetzt, so bleibt der entsprechende Theil der Stimmritze so weit, dass die Luft durchpassiren kann, ohne die Stimmbänder in Schwingungen zu versetzen.

Diese ganze Art der Verengung der Stimmritze ist offenbar nur unter der Voraussetzung möglich, dass die betreffenden Knorpel selbst noch bei alten Thieren einen hohen Grad von Elasticität besitzen.

Die Erhaltung der Stimme nach Durchschneidung der *Nn. recurrentes* haben Magendie und Longet[2]) auch schon bei jungen

[1]) J. Rosenthal, Die Athembewegungen etc. Berlin 1862. S. 216.
[2]) A. a. O. S. 236 und 237.

Hunden, Katzen und Kaninchen gesehen und Letzterer diese Erscheinung aus der Thatsache erklärt, dass die *Mm. cricothyreoïdëi* vom *N. laryngeus superior* innervirt werden. Die Prüfung dieser Erklärung durch Lähmung der *Nn. laryngëi superiores* hat er nur bei jungen Hunden ausgeführt, so dass ihm der wahre Sachverhalt beim Kaninchen entgehen musste. Desselben Autors Angabe, dass bei jungen Hunden und Katzen nach Lähmung der *Nn. recurrentes* die Stimme erhalten bleibt, kann ich bestätigen, ebenso, dass sie nach Trennung bei *Nn. laryngëi superiores* verschwindet. Das Verhältniss ist also bei diesen Thieren ein anderes, als beim Kaninchen, und der Unterschied dürfte darin zu suchen sein, dass die Kehlkopfknorpel von Hund und Katze nach Vollendung des Jugendzustandes eine Starre erhalten, wie sie den erwachsenen Kaninchen nicht eigen ist.

III.

Innervation des Schluckapparates.

Bei den zahlreichen Durchschneidungen der Kehlkopfnerven, die ich in den mitgetheilten Versuchen auszuführen hatte, sah ich so oft Schluckbewegungen auftreten, dass ich Veranlassung nahm, durch electrische Reizung mich von dem Vorhandensein von Schluckfasern im *N. laryngeus superior* zu überzeugen. Rhythmische Schluckbewegungen auf Reizung des centralen Endes der oberen Kehlkopfnerven hatte zuerst Bidder[1]) bei Katzen und Hunden gesehen. Unbekannt mit jenen Versuchen, haben Waller und Prévost[2]) dieselben Bewegungen auf Reizung des centralen Endes des *N. laryngeus superior* beim Kaninchen beobachtet; sie geben ferner an, dass die Schleimhautgegenden, von denen aus durch Vermittlung des genannten Nerven Schluckbewegungen ausgelöst werden können, sind die *Epiglottis*, die *Aryepiglottis*-Falten und namentlich die die *Cartil. corniculata* bekleidende Schleimhaut.

---

[1]) Reichert's u. Du Bois-Reymond's Archiv 1865. p. 492.
[2]) *Compt. rend.* 1869. II. 480.

Versuche, die ich über denselben Gegenstand angestellt habe, führten mich zu derselben Erkenntniss, dass im *N. laryngeus superior* bei Hunden, Katzen und Kaninchen sensible Fasern enthalten sind, deren centrale Reizung reflectorische Schluckbewegungen hervorruft.

Das Vorhandensein von Schluckfasern gerade in diesem Nerven, der zum Digestionsapparat zunächst nur wenig in Beziehung steht, erschien mir auffallend genug, um den *N. laryngeus inferior,* der gerade die ausgesprochenste Beziehung zum Digestionsrohr hat, auf Schluckfasern zu prüfen. Thatsächlich findet man nun beim Kaninchen die Reizung des centralen Recurrensendes von den gleichen Schluckbewegungen gefolgt, wie die des *N. laryngeus superior.* Es liegt weiter auf der Hand, dass auch die centrale Reizung des Vagusstammes am Halse, in dem die Recurrensfasern zum Gehirn aufsteigen, Schluckbewegungen wird auslösen müssen, eine Voraussetzung, die ich durch den Versuch habe bestätigen können. Doch ist zu bemerken, dass die Anzahl der Schluckbewegungen, welche man bei Reizung des *N. recurrens* oder des Vagusstammes für gleiche Zeiten und gleiche Reizstärke erhält, stets geringer ist, als bei Reizung des *N. laryngeus superior.* Um das Verhältniss zu zeigen, mögen die folgenden Versuchsresultate, die ich am Kaninchen erhalten habe, hier ausführlich mitgetheilt werden.

Die Thiere wurden zweckentsprechend befestigt; die drei Nerven, nämlich der *N. laryngeus superior* und *recurrens* auf einer Seite, sowie der Vagus der anderen Seite durchschnitten und nach dem Centrum hin mit einem Faden befestigt, um an demselben die Nerven nach einander über ein Paar Kupferelectroden zu brücken, die durch einen Du Bois'schen Schlüssel zu der secundären Spirale des Inductoriums führten, in dessen Hauptkreis sich eine Noë'sche Thermosäule befand; ab und zu auch ein Daniell (s. f. S. Nr. I).

Man ersieht aus diesem Versuche, wie schon oben angegeben wurde, dass die Reizung des oberen Kehlkopfnerven wirksamer ist, als die des Vagus oder des *N. recurrens.* Es erschien mir weiterhin interessant, zu untersuchen, in welcher Weise die Anzahl der Schluckbewegungen mit der Dauer der Reizung sich verändert.

I. Kaninchen.

Es folgen Schluckbewegungen in 20 Secunden auf Reizung des

N. recurrens	Vagus	*Laryngeus superior*	Schlitten-abstand
10	7	11	20
9	7	12	"
9	7	12	"
9	7	12	"

Für diesen Zweck wurde die bisherige Versuchsweise nur so abgeändert, dass die Reizung 20 Secunden anhielt, die Zählung aber gesondert für die ersten und zweiten 10 Secunden angestellt wurde.

II. Kaninchen.

Es folgen Schluckbewegungen in 20 Secunden (à 10 Secunden) auf Reizung des

N. recurrens	Vagus	*Laryngeus superior*	Schlitten-abstand.
4 u. 2	1 u. 1	8 u. 6	20
2 u. 2	1 u. 1	7 u. 4	"
2 u. 1	5 u. 2	8 u. 5	10
Pause von 10 Minuten.			
4 u. 2	4 u. 2	8 u. 3	10

III. Kaninchen.

N. recurrens	Vagus	*Laryngeus superior*	Schlitten-abstand
2 u. 1	2 u. 1	4 u. 3	20
4 u. 1	3 u. 1	5 u. 3	10
2 u. 0	4 u. 1	5 u. 2	"

IV. Kaninchen.

N. recurrens	Vagus	*Laryngeus superior*	Schlitten-abstand
2 u. 0	1 u. 0	7 u. 4	15
3 u. 0	5 u. 2	8 u. 5	10

In diesen beiden Versuchen wurde erst der Vagus u. dann der *recurrens* gereizt.

Wie zu erwarten war, ist die Anzahl der Schluckbewegungen in dem zweiten Stadium geringer, als in dem ersten. Es handelt sich offenbar um eine Ermüdung, deren Sitz man allerdings nicht bestimmen kann, aber es ist wahrscheinlich, dass alle die einzelnen Systeme des Reflexapparates in Folge der fortdauernden Inanspruchnahme ermüdet werden.

Was den Effect der Reizung des centralen Vagusendes auf die Schluckbewegungen betrifft, so sind es zweifellos, wie schon oben bemerkt, zunächst dieselben Fasern, die wir im Recurrens reizen und die durch den Vagusstamm zum Centrum aufsteigen. Doch wäre es möglich, dass daneben im Vagusstamm Nervenfasern verlaufen, die nicht durch den Recurrens austreten, deren Enden vielmehr im Magen oder Darm zu suchen wären.

Um dies zu prüfen, wurde bei eröffnetem Thorax und künstlicher Athmung der Vagus in der Brusthöhle unterhalb des Abganges seiner Herz- und Lungenzweige gereizt. Aber die Reizung war hier ebenso erfolglos, wie eine zweite, die ich innerhalb der Bauchhöhle an der Cardia ausführte, indem ich um dieselbe die Electroden herumlegte und demgemäss die Vagi beider Seiten gemeinschaftlich in Erregung versetzte. Es sind sonach die Schluckfasern des Vagusstammes identisch mit jenen des Recurrens, denen wir dort nur auf ihrem Wege zum Gehirn begegnen und wir könnten uns in Zukunft auch mit der Reizung des Vagusstammes begnügen, um Schluckfasern im Recurrens aufzusuchen.

Waller und Prévost geben in der oben erwähnten Untersuchung an, dass sie ab und zu beim Kaninchen auch vom Recurrens aus Schluckbewegungen hätten hervorrufen können, dass das Resultat aber unsicher wäre, wesshalb sie diesen Versuchen keine Bedeutung beilegen möchten. Sie sagen darüber[1]): „*Le nerf recurrent contribue aussi par ses rameaux sensitifs aux fonctions réflexes de la déglutition, probablement par les branches, qu'il envoie à la partie supérieure de l'œsophage. L'excitation électrique de ce nerf*

---

[1]) A. a. O. S. 482.

nous a souvent donné des mouvements rhythmiques de déglutition et un arrêt du diaphragme en expiration, mais ces phénomènes sont moins nets et moins constants que par l'excitation du nerf laryngé supérieur."

Die Reizung des Vagus hat mir in den vielen Versuchen, die ich hierüber angestellt habe, niemals versagt; die Reizung des Recurrens ist in der That nicht unfehlbar und hatte mich in der gleichen Zahl von Fällen etwa zwei Mal im Stich gelassen; aber da ich die Identität der Fasern im Vagus mit denen des Recurrens nachgewiesen hatte, so konnte es sich bei den beiden erfolglosen Recurrens-Reizungen nur um irgend eine Variante handeln, die aufzufinden sehr wünschenswerth sein musste. Wenn man beim Kaninchen beide *Nn. recurrentes* durchschneidet, so findet man entgegen der landläufigen Lehre nicht immer Lähmung des Halstheiles des Oesophagus eintreten, sondern es pflanzt sich als Fortsetzung einer eingeleiteten Schluckbewegung eine peristaltische Welle über den Oesophagus wie im normalen Zustande fort; der Oesophagus ist aber vollkommen gelähmt, wenn man dazu beide Vagi am Halse durchschneidet. Das kann nicht anders sein, als dass unterhalb der Durchschneidungsstelle der Vagi aus dem Vagus Zweige austreten, die mit Umgehung des Recurrens zum Oesophagus gelangen. Und das ist in der That der Fall. Wenn man den Oesophagus blosslegt (links von der Luftröhre) und ihn scharf betrachtet, womöglich mit Hilfe einer Loupe, so sieht man sehr häufig einen feinen Nervenfaden unabhängig vom Recurrens aus der Tiefe des Thorax heraufsteigen, der ziemlich genau auf der Mitte des Oesophagus liegt. Dieser Zweig ist grösstentheils auf der linken Seite zu finden, findet sich aber auch rechterseits auf der Trachea in der Nähe des rechten Recurrens verlaufend, wenn er linkerseits fehlt. Lässt man die Durchschneidung dieses Zweiges, auf welcher Seite auch immer er sich befinden mag, auf die Durchschneidung beider Recurrenten folgen, so ist der Oesophagus definitiv gelähmt. Es muss also dieser Zweig eine erhebliche Anzahl der motorischen Fasern für den Oesophagus enthalten.

Das Vorkommen dieses von einem der beiden Recurrenten unabhängigen Zweiges, den ich als *Ramus Oesophagi magnus*, im Gegen-

satz zu den kleinen Oesophagusästen bezeichnen möchte, ist ziemlich constant, inconstant ist nur die Seite, auf welcher er sich befindet.

Beim Meerschweinchen scheinen die gleichen Verhältnisse vorhanden zu sein, denn auch hier sah ich noch peristaltische Bewegung des Oesophagus nach Durchschneidung eines Vagus und eines Recurrens; erst als auch der andere Vagus durchschnitten wurde, hörte die Peristaltik des Oesophagus auf.

Und dieser *Ramus Oesophagi magnus* enthielt auch die Schluckfasern, wenn sie dem Stamme des Recurrens selbst gefehlt hatten. Hingegen waren in diesem Falle sämmtliche motorische Zweige für den Oesophagus in den beiden Recurrensstämmen enthalten. Endlich beobachtete ich auch Schluckfasern zugleich in beiden Recurrensstämmen und dem *Ramus magnus.*

Es kommen offenbar bei den verschiedenen Individuen vielfache Variationen in der Vertheilung der angegebenen Fasern im Recurrens und dessen Zweigen vor, aber in keinem Falle habe ich dort Schluckfasern fehlen sehen. Damit glaube ich die Existenz von Schluckfasern im Recurrens des Kaninchens sicher gestellt zu haben.

Obwohl, wie schon bemerkt, die Reizung des Vagusstammes niemals erfolglos gewesen ist, finde ich, dass A. Chauveau bei Reizung des centralen Vagus am Kaninchen irgendwelche Bewegungen am Oesophagus niemals hat entdecken können [1]). Aber Chauveau hatte seine Versuche an zwei Kaninchen angestellt, die eben durch Verblutung getödtet worden waren. Unter solchen Umständen ist das negative Resultat ohne Bedeutung.

Nachdem auf diese Weise die Thatsache der Anwesenheit von Schluckfasern im Recurrens des Kaninchens festgestellt war, kehrte ich zu den Thieren zurück, bei denen im *Laryngeus superior* Schluckfasern in Menge gefunden worden waren (Hund, Katze), um zu prüfen, ob auch bei ihnen der Recurrens Schluckfasern führe. Aber selbst die stärksten Reizungen vom Vagus oder Recurrens der beiden genannten Thiere waren, abgesehen von dem Einfluss auf die Athembewegungen, auf die Schluckbewegungen wirkungslos.

---

[1]) *Compt. rend.* 1862. I. 664, und *Journal de la physiologie* V. S. 220.

Ist das Zufall oder stehen wir hier vor einer gesetzmässigen Erscheinung? Diese Frage war nur dadurch zu entscheiden, dass eine grössere Reihe von Thierarten dem entsprechenden Experimente unterzogen werden. Es bot sich Gelegenheit, neben den bisher untersuchten Hund, Katze, Kaninchen, bei Meerschweinchen, Schaf, Rind und Fuchs zu experimentiren. Bei allen diesen Thieren finden sich reichlich Schluckfasern im *N. laryngeus superior*; im Recurrens aber nur beim Meerschweinchen, Schaf und Rind; dem Fuchs fehlen sie, wie dem Hund und der Katze. Das Resultat eines Meerschweinchenversuches mag hier zur Erläuterung mitgetheilt werden. Die Versuchsbedingungen sind dieselben, wie in den Kaninchenversuchen.

V. Meerschweinchen.

Es folgen Schluckbewegungen in 20 Secunden (à 10 Secunden) auf Reizung des

N. recurrens	*Laryngeus superior*	Vagus	Schlitten-abstand
6 u. 4	10 u. 6	2 u. 0	12
5 u. 2	8 u. 5	?	„
5 u. 2	9 u. 6	ab u. zu	„

Es stehen also auf der einen Seite mit Schluckfasern im Recurrens: Kaninchen, Meerschweinchen, Schaf und Rind; auf der andern Seite ohne Schluckfasern im Recurrens: Hund, Katze und Fuchs. Wenn wir nach gemeinsamen Merkmalen für die eine und die andere Gruppe der genannten Thiere suchen, so bemerkt man bald, dass die eine nur Pflanzen-, die andere nur Fleischfresser enthält. Die Anzahl von Vertretern dieser beiden Gruppen, an denen ich zu experimentiren Gelegenheit hatte, ist freilich nicht gross, aber die schon hier bemerkte Constanz der Erscheinung veranlasst mich das Verhältniss zu verallgemeinern und anzunehmen, dass die Schluckfasern im Recurrens bei allen Carnivoren fehlen, dagegen bei sämmtlichen Herbivoren vorhanden sind.

In Bestätigung dieses Satzes finde ich bei zwei weiteren Vertretern der Herbivorengruppe, entsprechend meiner Voraussage, ebenfalls Schluckfasern im Recurrens, die von ganz unbetheiligter Seite schon vorher aufgefunden worden waren. In der schon oben erwähnten sehr eingehenden Untersuchung von Chauveau finden sich bei Durchsicht der Protocolle Schluckwirkungen auf Reizung des centralen Endes des Vagus beim Pferd, Esel und, wie nachträglich angemerkt, bei der Kuh. Er schliesst[1]: „*Chez le cheval, le tronc du pneumogastrique contient, dans la région cervicale, des fibres centripètes distribuées par les recurrents à la portion trachéale de l'œsophage. L'excitation de ces fibres provoque des contractions réflexes énergiques de cette portion du tube œsophagien.*" Seine Deutung der beobachteten Erscheinung als einfacher Oesophaguscontraction ist nicht richtig, denn aus dem entsprechenden Protocolle geht hervor, dass Chauveau bei den genannten drei Thieren dieselbe Erscheinung vor sich gehabt hat, die ich als Schluckbewegung beim Kaninchen etc. gesehen habe, an die sich, wie immer, eine peristaltische Welle des Oesophagus anschliesst. In Chauveau's Protocoll heisst es nämlich: „*La tétanisation (de l'œsophage) n'est pas tout à fait permanente; la membrane charnue se relâche un instant à certains moments, d'une manière périodique.*"

An derselben Stelle fährt Chauveau fort: „*Chez le chien, ces fibres centripètes abandonnent le tronc de pneumogastrique dans la région gutturale et non à l'œsophage par les nerfs œsophagiens supérieurs.*" Aber der Beweis für diese Ansicht ist in der ganzen Arbeit nirgends zu finden; sie wird nur verständlich durch die Kenntniss der Angaben, welche Chauveau über die Nerven des Oesophagus bei mehreren Thieren macht. Danach wird nur beim Kaninchen der Halstheil des Oesophagus vom Recurrens motorisch versorgt, während beim Pferd, Esel, Hund, Hammel und Rind der obere Theil des Oesophagus seinen Hauptnerven vom *Ramus pharyngeus* und zum geringeren Theil vom *Laryngeus externus*, welche einen an der Seite des Oeso-

[1]) A. a. O. S. 347.

phagus bis zum Thorax herablaufenden Zweig des Oesophagus zusammensetzen, zu erhalten pflegt [1]).

Ich kann die Angaben Chauveau's dahin erweitern, dass auch beim Meerschweinchen der Halstheil des Oesophagus vom Recurrens motorisch versorgt wird, denn Reizung dieses Nerven verursacht kräftige Contractionen jenes Theiles der Speiseröhre. Es scheinen also bei diesen beiden Thieren (Kaninchen, Meerschweinchen) die Innervationsverhältnisse der Speiseröhre identisch zu sein.

Da Chauveau die Schluckfasern im Recurrens des Kaninchens übersehen hat, dessen Beziehung zum Oesophagus eine andere ist, als bei den übrigen Thieren; dieselben aber beim Pferde beobachtet, dessen obere Oesophagusnerven denselben Verlauf darbieten wie beim Hunde, in dessen Recurrens sich keine Schluckfasern vorfanden, so betrachtet er die Anwesenheit von Schluckfasern im Recurrens von Pferd und Esel als Ausnahme, vindicirt aber den oberen Oesophagusnerven des Hundes centripetale Schluckfasern, ohne sich von deren Anwesenheit wirklich überzeugt zu haben.

Uns aber legt diese Folgerung die Verpflichtung auf, nachzuholen, was Chauveau unterlassen hat, nämlich zu untersuchen, ob sich beim Hunde in jenem oberen Oesophagusnerven Schluckfasern vorfinden (d. h. also neben den Fasern, die schon im *N. laryngeus superior* beschrieben worden sind). Sollte sich diese Voraussetzung bestätigen und dasselbe Verhältniss sich bei den übrigen Fleischfressern ebenfalls auffinden lassen, so hätten wir es mit einer Variation im Verlaufe von Nerven zu thun, die für die Physiologie, vor der Hand wenigstens, kein weiteres Interesse bieten würde: es würde eben nur anatomisch interessant sein, dass Schluckfasern zum Oesophagus bei den Herbivoren durch den Recurrens, bei den Carnivoren durch jenen oberen Oesophagusnerven gelangen. — Doch die an Katzen angestellten Versuche zur Prüfung der angeregten Frage haben ergeben, dass

---

[1]) Chauveau schien nicht zu wissen, dass die Nerven des *Oesophagus* beim Hunde schon in derselben Weise von F. Wild (Zeitschrift für ration. Med. Bd. V. 1846, S. 83) beschrieben worden sind.

dem nicht so ist, dass thatsächlich in jenem oberen Oesophagusnerven Schluckfasern nicht nachzuweisen sind. Wir haben es sonach nicht bloss mit einer einfachen anatomischen Varietät zu thun, sondern mit der interessanten Erscheinung, dass bei den Herbivoren zum Oesophagus durch den Recurrens centripetale Fasern treten, deren Reizung Schluckbewegungen auslöst und dass diese Fasern den Carnivoren fehlen.

Endlich möchte ich noch von den erfolglosen Bemühungen berichten, den Ausbreitungsbezirk der Schluckfasern im Recurrens des Kaninchens durch Reizung der Oesophagusschleimhaut zu ermitteln: es ist mir bei Reizung der Schleimhaut des Kaninchenœsophagus niemals gelungen, Schluckbewegungen zu erhalten. Ueber die vergeblichen Bemühungen hat in ähnlichem Sinne, wie ich hinterher gesehen habe, auch schon F. Wild [1]) sich zu beklagen Gelegenheit gehabt. Trotzdem liess sich nachweisen, dass die Schluckfasern im Oesophagus enden müssen und nicht etwa mit den Fasern für die inneren Kehlkopfsmuskeln in den Kehlkopf eintreten, um dort die entsprechenden Fasern aus dem *N. laryngeus superior* zu verstärken. Denn verfolgt man den Recurrens bis zu seinem Eintritt in den Kehlkopf, präparirt ihn dort frei und reizt ihn electrisch, so bleibt die Reizung erfolglos, um sofort wirksam zu werden, wenn man die Reizung tiefer unten am Trachealtheil des Nerven ausführt. Daraus folgt, dass der Recurrens die Schluckfasern aus dem Oesophagus aufgenommen haben muss.

Um eine noch breitere Unterlage für die Erklärung jener Differenz in den beiden Thierreihen zu gewinnen, habe ich auch die Vögel in den Bereich der Untersuchung gezogen und bei der Taube gefunden, dass im *N. laryngeus superior* reichlich Schluckfasern enthalten sind, denn es genügt eine mässige electrische Erregung dieses Nerven, um eine überaus grosse Zahl von Schluckbewegungen zu erhalten; bei stärkerer Reizung sind sie kaum zu zählen. Dagegen fehlen solche Schluckfasern im Recurrens und Vagusstamm in gleicher Weise, wie bei den Carnivoren.

---

[1]) A. a. O. S. 90.

Wenn wir nun zur Erklärung der gefundenen Thatsache übergehen, so müssen wir zunächst daran erinnern, dass der Oesophagus, wenigstens bei den Säugethieren, diejenige Abtheilung des Digestionsrohres ist, welche offenbar ausschliesslich den Zweck hat, die in die Mundhöhle aufgenommenen Nahrungsmittel zum Magen zu transportiren. Diesen Transport bewerkstelligt der Oesophagus in vorzüglicher Weise durch die Contractilität seiner eigenen Wandungen mittelst der sogenannten peristaltischen Bewegung, die im Oesophagus der Säugethiere die Eigenthümlichkeit besitzt, niemals selbstständig als solche aufzutreten, sondern immer nur im Gefolge einer Schluckbewegung und gleichsam als Fortsetzung dieser letzteren. Daher wird irgend ein fester Körper, den man direct in den Oesophagus eines Säugethieres bringt, nicht früher weiterbefördert, als bis das Thier eine Schluckbewegung macht, der sich eine den Oesophagus ablaufende peristaltische Welle anschliesst. Bei den Vögeln ist das Verhältniss insofern erweitert, als neben der durch den Schlingact eingeleiteten peristaltischen Welle dem Oesophagus die Fähigkeit gegeben ist, selbstständige, vom Schlingact unabhängige peristaltische Bewegungen auszuführen, die entweder spontan auftreten, oder durch locale mechanische Reizung hervorgerufen werden können; F. Wild hat desshalb den Oesophagus des Vogels einen „wahren Darm" genannt. Es vermag also der Oesophagus der Vögel eine doppelte, jener der Säugethiere nur eine einfache Bewegung auszuführen, zu welcher er den Impuls sogar von einem andern Orte her erhalten muss. Von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet ist der Oesophagus der Vögel ein viel vollendeterer Apparat; jener der Säugethiere von geringerer Güte. In der Mitte zwischen beiden steht offenbar der Oesophagus der Herbivoren, der durch seine Schluckfasern jeder Zeit aus sich selbst jenen Impuls zu seiner Bewegung anzuregen vermag.

Diese Verschiedenheit der Bewegung des Oesophagus steht offenbar in Beziehung zu den Mitteln, durch welche die verschiedenen Thierarten befähigt sind, ihre Nahrung vor dem Import in den Oesophagus, in kleinere Portionen zu theilen. Hierbei ist zu erinnern, dass die Säugethiere sämmtlich vortreffliche Kauwerkzeuge (Zähne und

starke Kiefer) besitzen, mit deren Hilfe sie ihre Nahrung immer zu zerkleinern pflegen; die Vögel müssen ihre Nahrung im Ganzen, unzerkleinert, schlucken. Endlich aber ist zu bemerken, dass die Geschwindigkeit und Energie der Oesophagusbewegung bei den Vögeln eine viel geringere ist, als bei den Säugethieren, — ein Umstand, der die oben erwähnte grössere Vollkommenheit des Vogelœsophagus wieder beeinträchtigt, — denn bei jenen ist der Oesophagus aus glatten, bei diesen aus quergestreiften Muskeln zusammengesetzt. Und der Oesophagus der Vögel soll trotz der geringeren Energie seiner Bewegungen die grössere Arbeit verrichten, unzerkleinerte Nahrung weiter zu befördern! Sollte dieser Transport in regelmässiger Weise vor sich gehen, so musste sich hier eine besondere Vorrichtung entwickeln, die ich eben in der Fähigkeit des Vogelœsophagus, selbstständige peristaltische Bewegungen zu erzeugen, verwirklicht sehe. Geniesst z. B. eine Taube Erbsen, so können dieselben, wenn die erste auf den Schlingact folgende peristaltische Bewegung des Oesophagus nicht ausreichend war, um dieselben bis in den Kropf zu transportiren, durch weitere selbstständige Thätigkeit des Oesophagus nach ihrem Bestimmungsort hin gelangen. Dass solches Steckenbleiben der Nahrung im Oesophagus vorkommt und dass die Hilfe in der eben entwickelten Weise eintritt, hat F. Wild[1]) direct bei einer Gans beobachten können.

Bei den Säugethieren werden die Nahrungsmittel immer erst ordentlich zerkleinert und es können die kleinen Portionen Stück für Stück durch die dem Schlingact folgende peristaltische Bewegung des Oesophagus leicht bis in den Magen geschafft werden. Dazu kommt noch, dass bei den Carnivoren das Volumen ihrer Nahrung im Allgemeinen ein geringes ist, da ihre wesentliche Nahrung, das Fleisch, alle Nahrungsstoffe gewissermassen in concentrirtester Form enthält.

Anders aber ist es bei den Herbivoren: sie besitzen zwar auch die kräftigen Kinnladen, die scharfen Zähne und die kräftige Oesophagusbewegung, aber ihre Nahrung ist sehr massig, von bedeutendem

[1]) A. a. O. S. 106.

Volumen und es kann wohl kommen, dass ein so grosser Bissen nicht durch die eine dem Schlingact folgende peristaltische Oesophagusbewegung nach dem Magen befördert werden kann, sondern Gefahr läuft, im Oesophagus stecken zu bleiben, der ja ohnmächtig ist, aus sich selbst eine Bewegung zu erzeugen. Da treten als vermittelnde Factoren die Schluckfasern des Oesophagus compensirend auf und erzeugen indirect jene noch nöthige Bewegung der Speiseröhre.

Das sind die Vorstellungen, die ich mir über den Werth der Schluckfasern im Oesophagus der Herbivoren gebildet habe.

Um den Gang der Untersuchung nicht zu unterbrechen, habe ich es oben unterlassen, den Werth der im *N. laryngeus superior* vorhandenen und im Kehlkopf endigenden Schluckfasern zu discutiren. Diese Fasern finden sich bei Säugethieren und Vögeln; sie sind offenbar Wächter am Eingang zum Athmungsapparat, um Speisetheile, die beim Hinabgleiten in den Oesophagus sich in den Kehlkopf zu verirren drohen, durch Auslösung von Schluckbewegungen wieder auf den richtigen Weg, in den Oesophagus, zu führen.

Sie theilen diese Function mit den ebenfalls im Kehlkopf endenden Exspirationsfasern, welche dorthin gerathene Speisetheile durch Vermittlung von Hustenstössen zu entfernen bestrebt sind. Aber zu husten vermögen nicht alle Warmblüter (wie z. B. die Kaninchen), aber zu schlucken vermögen sie alle, wenn die Kehlkopfschleimhaut gereizt wird. Es haben demnach die Schluckfasern für die angedeutete Function eine viel allgemeinere Bedeutung, als die Exspirationsfasern und vielleicht sind es bei den Thieren, wo beide Fähigkeiten, Schlucken und Husten, vorhanden sind, nur zwei aufeinander folgende mit der gleichen Aufgabe betraute Wachtposten. Selten genug für jenen Zweck sind die Hustenstösse und dass sie so selten sind, mögen wir, ohne es zu empfinden, dem ersten Posten, den Schluckfasern, zu verdanken haben. Als Anhaltspunkt mag die von mir gemachte Beobachtung dienen, dass von Kaninchen und namentlich Tauben, wenn beiderseits die Vagi am Halse durchschnitten sind, auffallend häufig Schluckbewegungen gemacht werden. Man wird daher diesen Schluckfasern fernerhin mehr Aufmerksamkeit schenken müssen, als es bisher geschehen ist.

Erklärung der Spiegelbilder der Tafel

(halb vergrössert).

Fig. 1.	Normale Stimmritze.	Kaninchen.
Fig. 2.	Phonation.	
Fig. 3.	Durchschneidung beider *Ns. recurrentes.*	
Fig. 4.	„ sämmtl. Kehlkopfsnerven.	
Fig. 5.	Normale Stimmritze der Katze nach G. Schmidt.	
Fig. 6.	„ „ des Hundes (eigene Aufnahme).	

Anm. Die *Hamuli epiglottici* sind in den Figuren fortgelassen.

Verzeichniss

der vom 1. Januar bis 10. August 1879 eingegangenen Druckschriften.

Der Zoologische Garten. XIX. 7—12. Frankfurt a. M.

H. Wild, Annalen des physikal. Centralobservatoriums Petersburg f. 1877.

H. Wild, Repertorium für Meteorologie. VI. 1.

Société Murithienne zu Sion:

Guide du Botaniste en Valais. 1872.

Guide du Botaniste sur le Grand St.-Bernard 1868.

Bulletins 2—6.

Mémoires de la société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux. II. 5. III. 1. 1878.

Nuovo giornale botanico italiano. Pisa XI. 1—3.

Actes de la Société Helvétique des sciences naturelles à Bex.

Atti della R. Accademia dei Lincei. Roma, Ser. III. II. 1, 2. III. 1—6.

Acta Horti Petropolitani. V. 2. Petersburg.

Roumequère: Revue mycologique. I. 1. Paris.

Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. XXX. 4. XXXI. 1. Berlin.

Bulletin de l'Académie Impér. des sciences de St.-Pétersbourg. XXV. 3.

Verhandlungen des naturw. Vereins Hamburg-Altona. N. F. II. III.

Annual Report of the Curator of the Mus. of compar. Zoology at Harvard College 1877/8. Cambridge, Massachusetts.

Mittheilungen d. naturf. Gesellschaft in Bern 1877.

XI. Bericht des naturh. Vereins in Passau 1875/7.

Procès-verbaux de la société malacologique de Belgique. VII. Bruxelles.

Verhandlungen der physik.-med. Gesellschaft in Würzburg. N. F. XIII.

Sitzungsberichte der math.-phys. Classe der K. bayr. Akad. der Wissenschaften zu München. 1878. 4. 1879. 1.

Annuario della società dei Naturalisti in Modena. XII. 2. XIII. 1. 2.

Mittheilungen aus dem naturw. Verein von Neuvorpommern u. Rügen in Greifswald. X.

Sitzungsberichte der phys.-medizin. Sozietät zu Erlangen. X.

Verhandlungen der K. K. geolog. Reichsanstalt zu Wien. 1878. 14—18. 1879. 1—9.

Jahresbericht der naturf. Gesellschaft Graubündens. N. F. XXI. Chur.

Nachrichten v. d. K. Gesellschaft der Wissenschaften d. Georg-Augusts-Univers. Göttingen 1878.

Von der Senckenberg. naturf. Gesellschaft zu Frankfurt a. M. Bericht 1876—78. Abhandlungen XI. 2. 3.

Bericht über die Sitzungen der naturf. Gesellschaft zu Halle. 1877.

Bericht über die Thätigkeit des Offenbacher Vereins für Naturkunde. 17. 18.

Verhandlungen der naturforsch. Gesellschaft in Basel. VI. 4.

Von Royal Society of N.-S.-Wales, Sydney: Journal XI.

Railways of New-South-Wales, constructing and working 1876.

Clarki. Remarks on the sedimentary formations of N.-S.-Wales.

Mittheilungen des Vereins der Aerzte in Steiermark. 1876/77. Graz.

Berichte über die Verhandl. d. naturf. Gesellschaft zu Freiburg i./B. VII. 2.

Bulletin de la société Impériale des naturalistes de Moscou. 1878. 1—4.

Proceedings of the American Academy of arts and sciences. XIII. 2. 3. Boston.

XVII. Bericht der Oberhessischen Gesellschaft für Natur- u. Heilkunde. Giessen.

Berichte des naturw.-medic. Vereines in Innsbruck. VII. 2. 3. VIII. 1.

Transactions of the Wisconsin-Academy. III. Madison. Wisc.

Giornale della società di letture di Genova. II. 10—12. III. 1—6.

Compte rendu de la société entomologique de Belgique. Série II. 58—65. Bruxelles.

Sitzungsberichte der Kais. Akademie der Wissenschaften zu Wien. 1878, 27—28; 1879, 1—9. 11—14.

Leopoldina. 1878, 23. 24; 1879, 1—12. Halle.

Bericht über die Thätigkeit des akademisch naturw. Vereins zu Leipzig.

Schriften des Vereines zur Verbreitung naturw. Kenntnisse in Wien.

Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften. 51. Red. von Prof. Dr. Giebel. Halle.

Archives du Musée Tayler, Haarlem. IV. 2—6. V. 1.

Archives Néerlandaises des sciences exactes et naturelles. Haarlem. XIII. 4—5.

Verhandlungen des naturforschenden Vereins in Brünn. XVI.

Programm des internationalen medicinischen Congresses zu Amsterdam.

Bullettino scientifico redatto dai dottori Ach. de Giovanni, Le Maggi, G. Zoja, Pavia. I. 1.

Verardini, Recherches sur la cause de souffle utéro-placentaire 1878, trad. p. van den Bosch.

Verardini, Lettre sur la cause de souffle utéro-placentaire 1879, trad. p. van den Bosch.

Van den Bosch, Description d'un monstre double.

Atti della società Veneto-Trentina di scienze naturali. Padova. 1878.

Abhandlungen, herausgegeben vom naturw. Verein zu Bremen. VI. 1.

Jahrbuch des naturh. Landes-Museums von Kärnthen. Klagenfurt. XIII.

Bullettino della soc. Adriatica di scienze naturali in Trieste. IV. 2.

Statistische Mittheilungen über den Civilstand der Stadt Frankfurt a. M. 1878.

Transactions and Proceedings of the Royal Society of Victoria. Melbourne. XIII. XIV.

Annales de la société entomologique de Belgique. Bruxelles. XXI.

Bulletin of the Museum of comparative Zoology. N. Cambridge. V. 8. 9.

Berichte über die Verhandl. der naturf. Gesellschaft in Freiburg i./Br.

Notizblatt des Vereins für Erdkunde u. verwandte Wissensch. zu Darmstadt. III. F. XVII.

Meteorol.-phaenolog. Beobachtungen aus der Fuldaer Gegend. 1878.

Mémoires de l'Académie des sciences, inscriptions et belles lettres de Toulouse. 7. Sér. X.

Deutsche Seewarte zu Hamburg. Monatl. Uebersicht der Witterung; Schluss v. Jahrg. I u. II; 1878 Jan. — Mai.

Bullettino della società entomologica Italiana. Firenze. X. 4. XI. 1—2.

Resoconti della società entomologica Italiana. Nov. 1878. März 1879.

Catalogo della Collezione dei insetti Italiani del R. Museo di Firenze. Colcoturi 2.

Jahresbericht des akademischen naturw. Vereines in Graz. 2—4.

Mittheilungen des naturw. Vereines für Steiermark in Graz. 1878.

Bulletin de la sociétéVaudoise des sciences naturelles. Lausanne. 25. XVI. 81.

Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, Verslagen en Mededelingen, If decling Naturkunde, II Reeks, XII, XIII; Processen Verbaal 1877/78.

Verhandlungen des Vereins für naturw. Unterhaltung zu Hamburg. III.

Göteborg's Kongl. Vetenskaps och vitterhets Samhälles Handlingar. 15. 16.

Berichte des naturw. Vereines an d. K. K. technischen Hochschule zu Wien. 1—3.

Sitzungsberichte der naturw. Gesellschaft „Isis“ in Dresden. 1878. Juli—Dezbr.

Bericht über die Sitzungen der naturf. Gesellschaft zu Halle a./S. 1878.

Jahresbericht des Westphäl. Provinzial-Vereines für Wissenschaft und Kunst zu Münster. VII.

Von d. K. Sächs. Gesellschaft d. Wissensch. zu Leipzig:

Berichte über die Verhandl. der math. physik. Cl. 1875, 2—4. 1876. 1877. 1878.

Sitzungsberichte V.

Jahresbericht der Jablonowskischen Gesellschaft 1878.

Von Smithsonian Institution. Washington. Report 1877.

Von Amer. Association for the advancement of science. Meeting XXVI. Nashville, Tennessee.

Von Departm. of Agricult. of the United States of America, Washington, Report 1877.

•Von Mr. F. V. Hayden, U. S. Geologist, Washington:

Illustrations of Cretaceous plants.

New Rocky-Mountain Tourist.

Un. St. Geolog. survey V. Report Suppl.: Lesquereux, fossil Flora.

1872r Report of the Secretary of the Interior.

Bulletin of the National Museum:

1) Cope, North Am. Batrachia and Reptilia.

2) Kones, Ornithology of Kerguelen.

3) Kidder, Nat. history of Kerguelen.

12) Jordan a. Brayton, Contrib. to N. A. Ichthyology.

Miscellan. Publications:

1) List of elevations west of Mississippi.

5) Jackson Catalogue of photogr. of Geol. survey.

9) ,, ,, ,, ,, ,, N. A. Indians, Doublet.

10) Bibliography of N. Am. Vertebrate Paleontology.

Goode: Classific. of Collection to illustrate the animal resources of U. St.

Report regarding the Hotsprings Reservations of Arkansas.

Whitfield, Prelim. Report on Paleontology of Black-Hills.

Chambers, on Tineina and Entomostraca of Colorado.

Cope, on Geology of Judith River and Vertebrate fossils near the Missouri.

Bulletin of Un. St. Entomological Commission 1 u. 2.

Prelim. Report on the Field Work of the survey, Doublet.

Mr. Chesney and Coues, Notes on mammals of Fort Sisseton.

Lesquereux, Review on fossil flora of N. A.

Chickering, Catalogue of phanerogam. and vascular cryptogam. plants of Dacota and Montana, doublet.

White, Remarks on the Laramine Group.

Allen, Synonym. list of the Americ. Sciori.

Coues and Yarron, Notes on Herpetology of Dacota a. Montana.

Allen, Descript. of a fossil Passerine bird from Colorado.

Allen, on geograph. distribution of Mammalia.

Garnet, on the arable a. pasture lands of Colorado.

Ridgway, studies on the Am. Herodines.
Jordan, Report on the fishes of Dacota a. Montana.
Coues, fieldnotes on birds in Dacota a. Montana.
Grote, Descript. of Noctuidae, chiefly from California.
Chambers, New Tineina from Texas:
Index to the Tineina;
Foodplants of Tineina.
Allen, Appendix B of the monographs on N. Am. Rodentia.
Catalogue of the publications of the Survey, Doublet.
U. S. Geol. u. Geogr. survey of Colorado a. adjoined territory 1876.
Coues, N. A. Ornithology, I.
Poore, Congressional Directory.
Naturalist's leisure hour. 2. 13.
Letter relative to the combination of the Geol. survey.
Annual Report of the Controller of the Currency 1878.
Hewitt, Our national inheritance, Doublet.

Von der Academy of natural sciences zu Philadelphia. Proceedings 1878, 1—3.

Von d. K. Böhm. Ges. d. Wissenschaften in Prag: Sitzungsberichte 1878, Abhandlungen VI. F. 9, Jahresberichte 1877, 1878.

Schriften der naturf. Gesellschaft in Danzig. N. F. IV. 3.

N. Scheffler, Wärme und Elasticität.

Berichte des naturw. med. Vereines in Innsbruck. VIII. 2. 3.

Verhandlungen der physiol. Gesellschaft zu Berlin. III.

Annales del Museo nacional do Mexico. I, 5.

Archiv des Vereins der Freunde der Naturg. in Mecklenburg. 32.

Erster Jahresb. der naturw. Gesellschaft zu Elberfeld.

Verhandlungen des böhm. Vereins der Provinz Brandenburg zu Berlin. XX.

Bullettino della Soc. Veneto-Trentina di scienze naturali. Padova, 1879. I.

Jahresber. d. Mannheimer Vereins für Naturkunde. 1874—1877.

Jahreshefte d. naturw. Vereins für das Fürstenthum Lüneburg. VII.

X. Jahresbericht des Vereines für Naturkunde in Oesterreich ob der Enns. Linz.

Jahresberichtt d. naturhis. Vereins von Wisconsin. Milwaukee 1878/79.

Bulletin of the Museum of Compar. Zoology ad Harvard College. Cambridge, Massachusetts.

Von d. K. Norwegischen Universität zu Christiania:

Forhandlinger. Vidonskabs-Selskabet i Christiania. 1876—1878.

Fortegnelse over Separat-Aftryk af Christ. Vid. Selsk. Forhandlinger.

Register til Christ. Vid. Selsk. Forhandlinger 1868—1877.

Norges officielle Statistik: Berekning om Simdhedstilstanden og Medicinalforholdene in Norge 1874—1876.

Oversigt over Sindsygedsylernes Virksamhed 1876—1877.

Tabeller over de Spedalske i Norge 1876.

Sars, Bidrag til Kundskaben om Norges arktiske Fauna: Mollusca.

Weihrauch, Meteorologische Beobachtungen, angestellt in Dorpat 1876.

Jahresbericht der naturhistor. Gesellschaft zu Hannover 1876—1878.

Verhandlungen d. K. K. zool.-botanischen Gesellschaft zu Wien. XXVIII.

Bollettino del R. Comitato Geologico d'Italia. Roma IX.

Vom zoolog. mineralog. Verein in Regensburg. Correspondenzblatt XXXII.

Abhandl. XI, v. Ammon, Gastropoden des Hauptdolomites u. Plattenkalkes.

78ste Verslag van het natuurkundig Genootschap te Groningen.

23. u. 25. Jahresbericht der Pollichia. Dürkheim 1877.

10. Jahresbericht der Grossherz. Badischen meteorolog. Centralstation Carlsruhe.

Der Zoologische Garten. XX. 1—6. Frankfurt a. M.

Geschäftliches.

In den Verein wurden aufgenommen die Herren: Werner, Professor Rosenbusch, Dr. Stüler, Dr. Kast, Dr. Bernthsen. Herr Dr. Kurth ist wieder eingetreten.

Für den Schriftverkehr bleiben die bisherigen Mittheilungen in Geltung.

Ueber das Diffusionsgleichgewicht in einer Salzlösung von nicht gleichmässiger Temperatur.

Von **A. Horstmann.**

Herr Ch. Soret hat nach einer neuerlichen Mittheilung[1]) die interessante Beobachtung gemacht, dass in einer anfänglich homogenen Salzlösung die gleichmässige Vertheilung des Salzes, die sonst das Endziel aller Diffusionsvorgänge ist, gestört werden kann, wenn die Temperatur nicht an allen Orten in der Lösung gleich ist. Herr Soret brachte homogene Salzlösungen in aufrechtstehende Glasröhren, erwärmte dieselben am oberen Ende längere Zeit (9—23 Tage) auf höhere Temperatur (ca. 78°), während das untere Ende Zimmertemperatur behielt, und bestimmte darnach in verschiedenen Theilen der Röhre den Salzgehalt. Er fand für die beiden untersuchten Salze (Chlornatrium und Kaliumnitrat) kleinere Salzmengen in den heisseren Theilen der Lösung als in den kälteren. Die Unterschiede nahmen mit der anfänglichen Concentration der angewandten Lösungen zu und betrugen bis zu 7 Prozent des Salzgehaltes. Man muss daraus schliessen, dass unter den angegebenen Versuchsbedingungen das Diffusionsgleichgewicht in den verschieden warmen Theilen der Lösung eine verschiedene Concentration erfordert.

Herr Soret weist darauf hin, dass diese Thatsache mit dem von Herrn Fick[2]) aufgestellten und bisher gut bewährten Elementargesetze der

[1]) Arch. sc. Gen. (5) XI, p. 48.

[2]) Pogg. Ann. 94, p. 59.

Diffusion in Lösungen nicht ohne Weiteres vereinbar ist. Er sucht darum den mathematischen Ausdruck jenes Gesetzes so zu ergänzen, dass derselbe auch die neuen Beobachtungen umfasst. Zu einer physikalischen Erklärung der beobachteten Erscheinung giebt er jedoch keine Andeutung.

Die Soret'schen Versuche haben mich nun darauf aufmerksam gemacht, dass gewisse Hypothesen über die Constitution von Salzlösungen[1]), die man bereits früher aus andern Gründen gemacht hat, die gleiche Erscheinung zur nothwendigen Folge haben müssen. Wenn man nämlich annimmt, dass mit steigender Temperatur in dem Zustande des gelösten Salzes eine Veränderung vor sich geht, die den Charakter der Dissociationserscheinungen hat, d. h. eine Veränderung, die sich nur auf einen von der Temperatur abhängigen Bruchtheil der vorhandenen Salzmenge erstreckt, während der Rest unverändert bleibt, so folgt aus dem Fick'schen Gesetze für das Diffusionsgleichgewicht bei ungleichmässiger Temperatur der Lösung eine ungleichmässige Vertheilung des Salzgehaltes, sobald die Diffusionsconstanten des Salzes in seinen beiden Zuständen nicht zufällig gleich sind.

Um das nachzuweisen sei der Einfachheit halber vorausgesetzt, dass Unterschiede der Temperatur und der Concentration nur in der Längsrichtung der betrachteten Flüssigkeitssäule stattfinden, nicht aber in den darauf senkrechten Schichten. In die Längsrichtung werde die Abscissenaxe der x gelegt. Dann wird das Fick'sche Gesetz ausgedrückt durch die Gleichung

$$1)\qquad m = - k \frac{du}{dx} q \, dt.$$

Darin bedeutet: m die Salzmenge, welche in dem Zeitelement dt in der Richtung der abnehmenden Concentration durch den Querschnitt q hindurchgeht; ferner u die Concentration im Punkte x, durch welchen der betrachtete Querschnitt gelegt ist; und endlich k die sog. Diffusionsconstante, welche von der Natur der Lösung und von der Tem-

[1]) Das Nähere über solche Hypothesen sehe man bei Alex. Naumann im I. Bd. von Gmelin-Kraut's Handbuch der Chemie.

peratur abhängt, aber stets einen positiven von Null verschiedenen Werth hat. Die Verschiedenheit der Concentration in benachbarten Querschnitten, gemessen durch das „Concentrationsgefälle“ $\frac{du}{dx}$, wird nach jenem Gesetze als Ursache der Diffusionsbewegung angesehen. Wenn daher nicht eine weitere Bedingung hinzukommt, so hört die Bewegung auf, sobald $\frac{du}{dx} = 0$, d. h. sobald die Concentration überall gleich ist.

Ich will beiläufig bemerken, dass Herr Soret die Bedeutung dieser Gleichgewichtsbedingung gegenüber seinen Versuchsresultaten nicht ganz klar gestellt hat. Nach der üblichen Definition bedeutet die als Concentration bezeichnete Grösse u in obiger Gleichung die Gewichtsmenge des Salzes in der Volumeinheit der Lösung, während Herr Soret die Gewichtsmenge des Salzes in der Gewichtseinheit der Lösung bestimmt hat, die mit g bezeichnet werden mag. Beide Grössen hängen so zusammen, dass $u = sg$, wenn s das specifische Gewicht der Lösung bedeutet. Da nun dieses specifische Gewicht mit steigender Temperatur abnimmt, so müsste g in wärmeren Theilen der Lösung grösser sein, als in kälteren, wenn u überall constant sein soll. Der Unterschied könnte bei Soret's Versuchen nach den Angaben von Gerlach und Kremers 2—3% des Salzgehaltes betragen. Aber die Störung der gleichmässigen Vertheilung des Salzes, die sich auf diese Weise ergiebt, hätte den entgegengesetzten Sinn als bei jenen Versuchen und kann desshalb nicht zur Erklärung derselben herangezogen werden. Es scheint mir überdies zweifelhaft, ob die obige Definition von u in dem Ausdruck für das Fick'sche Gesetz in aller Strenge richtig ist, ob man nicht vielmehr mit gleichem oder grösserem Rechte g an die Stelle von u setzen darf. Dadurch würde an der Theorie der Diffusion in gleichmässig warmen Lösungen nichts geändert, aber die angedeutete Ursache für eine Störung der gleichmässigen Salzvertheilung in ungleich warmen Lösungen fiele weg, da g von der Temperatur unabhängig ist. Für das Folgende ist es jedenfalls erlaubt anzunehmen, dass die Concentration nicht von der Temperatur abhänge.

Was nun die Zustandsänderungen von dem erwähnten Charakter betrifft, welche auf die Salzvertheilung in ungleich warmen Lösungen von Einfluss sein müssen, so lassen sich deren mehrere anführen. Es gehört hieher z. B., wenn das Salz noch in der Lösung nach bestimmtem Verhältnisse mit sog. Krystallwasser chemisch verbunden ist, und wenn diese Verbindung mit steigender Temperatur allmälig in ein niedrigeres Hydrat oder wasserfreies Salz und Wasser zerlegt wird; oder wenn die Lösung complicirtere, polymere Salzmoleküle enthält, die in höherer Temperatur mehr und mehr in einfache Molekeln zerfallen; oder auch wenn eine partielle Wechselzersetzung zwischen dem gelösten Salz und dem Wasser, oder zwischen mehreren gleichzeitig gelösten Salzen stattfindet, die bei der Erhöhung der Temperatur zunimmt und bei der Abkühlung wieder verschwindet, u. s. w. Irgend ein ähnlicher Dissociationsvorgang werde in einer Lösung vorausgesetzt. Von der Complication, welche durch die Zersetzung eines Salzes selbst in zwei verschiedenartige Bestandtheile herbeigeführt würde, soll vorläufig abgesehen werden. Es soll einfach angenommen werden, dass die Lösung das Salz in zwei (oder mehr) verschiedenen Modificationen enthalte, die in einander übergehen können, die sich aber in der Lösung unabhängig von einander bewegen. Man habe es z. B., um die Ideen zu fixiren, mit wasserfreiem Salz und mit einer Krystallwasserverbindung desselben zu thun. Es bezeichne u die Gesammtconcentration, d. h. die Gesammtmenge des Salzes in der Volumeneinheit der Lösung, gewogen in einem bestimmten Zustande (z. B. als wasserfreies Salz). Von dieser Gesammtmenge befinde sich in einer Schicht der Flüssigkeit, die x zur Abscisse hat, der Theil $u_1 = \alpha u$ im ersten Zustande (wasserfrei), und der Rest $u_2 = (1-\alpha)u$ im zweiten Zustande (als Hydrat), wobei α einen ächten Bruch bedeuten soll, dessen Werth sich mit der Temperatur ändert. Die Temperatur, welche durch die Art der Erwärmung von aussen bestimmt wird, ist bei stationärem Zustande für jeden Querschnitt als constant gegeben zu betrachten. Daher hat auch α für jeden Querschnitt einen bestimmten unveränderlichen Werth. Wenn irgendwo durch die Diffusionsbewegung die Menge der einen oder andern Modifikation des Salzes geändert wird, so soll sich sofort

das richtige Verhältniss durch die entsprechende Umwandlung (Aufnahme oder Abgabe von Krystallwasser) wiederherstellen. Diese Annahme ist zulässig, so lange die Geschwindigkeit der Umwandlung gross ist gegen die Geschwindigkeit der Diffusion.

Die Diffusionsconstanten des Salzes in seinen beiden Zuständen seien k_1 und k_2. Dann gehen nach dem Fick'schen Gesetze durch den Querschnitt q in dem Zeitelement dt die Salzmengen hindurch:

$$m_1 = - k_1 \frac{du_1}{dx} q\, dt \text{ im ersten Zustande und}$$

$$m_2 = - k_2 \frac{du_2}{dx} q\, dt \text{ im zweiten Zustande.}$$

Soll Gleichgewicht eintreten, d. h. soll der Salzgehalt sich nirgends mehr ändern, so darf durch keinen Querschnitt mehr Salz hindurchgehen.

Es muss $m_1 + m_2 = 0$ sein oder

$$k_1 \frac{du_1}{dx} + k_2 \frac{du_2}{dx} = 0. \tag{2}$$

$\frac{du_1}{dx}$ und $\frac{du_2}{dx}$ können mit Rücksicht auf die oben gegebene Beziehung zwischen u_1, u_2 und u nicht beide gleichzeitig Null werden, wenn nicht gegen die Voraussetzung α von x unabhängig ist. Die beiden Differentialquotienten müssen daher entgegengesetztes Vorzeichen haben, damit die Gleichung 2) befriedigt werden kann.

Es muss $k_1 \frac{du_1}{dx} = - k_2 \frac{du_2}{dx}$; oder $m_1 = - m_2$ sein. Die gemachten Voraussetzungen führen demnach nicht eigentlich zu einem Gleichgewicht, sondern vielmehr zu einem stationären Zustande. Das Salz strömt in seinen beiden Modificationen nach entgegengesetzten Richtungen. Durch jeden Querschnitt gehen aber gleichgrosse Salzmengen in jeder Richtung, so dass sich nirgends die Gesammtconcentration ändert, und jede der beiden Modificationen wandelt sich während der Bewegung allmälig in die andere um, so dass in jeder Schicht auch das Verhältniss beider gleich bleibt.

Die Gesammtconcentration muss sich aber unter diesen Umständen von Schicht zu Schicht ändern, wie man erkennt wenn man in der

Gleichung 2) u_1 und u_2 durch u und α ausdrückt. Man erhält dadurch

$$3)\qquad \frac{du}{dx} = - \frac{u\,(k_1 - k_2)}{\alpha\, k_1 + (1-\alpha)\, k_2}\, \frac{d\alpha}{dx},$$

$\frac{du}{dx}$ kann nur Null werden dadurch, dass $k_1 = k_2$ wird. Die Concentration muss in verschieden warmen Schichten der Lösung verschieden sein, sobald die Diffusionsconstanten der beiden Modifikationen des Salzes nicht gleich sind.

Nimmt man den Versuchen entsprechend an, dass die Temperatur am oberen Ende der Flüssigkeit höher sei, und dass das Salz mit steigender Temperatur mehr und mehr in denjenigen Zustand übergehe, der als der erste bezeichnet wurde (d. h. in dem gewählten Beispiel, wasserfrei wird), und setzt fest, dass x von unten nach oben positiv gerechnet werden soll, dann ist $\frac{d\alpha}{dx}$ positiv und das Vorzeichen von $\frac{du}{dx}$ hängt nur noch von der Differenz $k_1 - k_2$ ab. In unserem Beispiele wäre wohl $k_1 > k_2$ zu nehmen, da für das wasserfreie Salz mit kleinerem Molekulargewicht eine grössere Diffusionsgeschwindigkeit wahrscheinlich ist. In diesem Falle wäre $\frac{du}{dx}$ negativ, d. h. die Concentration würde vom oberen heisseren Ende nach unten hin zunehmen. Ausserdem folgt aus der Gleichung 3) noch, dass unter sonst ganz gleichen Umständen die Concentrationsunterschiede um so grösser werden, je grösser der gesammte Salzgehalt ist.

Näher lässt sich die Vertheilung des Salzes in der Lösung nicht bestimmen, so lange nicht α, k_1 und k_2 als Functionen von x bekannt sind. Man könnte nun für eine bestimmte Art der Erwärmung berechnen, wie sich die Temperatur in der Flüssigkeitssäule von Schicht zu Schicht ändert, und man kennt für α die Grenzen, in denen es sich bewegt, und nach Analogie auch ungefähr die Art, wie es von der Temperatur abhängt. In Bezug auf die Diffusionsconstanten aber ist man fast ganz auf willkürliche Annahmen hingewiesen, welche erst nachträglich an ihren theoretischen Folgen durch die Erfahrung geprüft werden können. Eine solche Annahme, welche sich wohl nicht allzu-

weit von der Wahrheit entfernt, und welche gestattet den Zusammenhang zwischen der Vertheilung des Salzes und dem Grade der Dissociation in der Lösung noch einen Schritt weiter zu verfolgen, wird durch die Gleichung 3) selbst nahe gelegt. Dieselbe lässt sich nämlich schreiben

$$\frac{1}{u}\frac{du}{dx} = -\frac{1}{\alpha + p}\frac{d\alpha}{dx};$$

wenn $\frac{k_1}{k_2} - 1 = \frac{1}{p}$ gesetzt wird. Wenn man daher annimmt, dass das Verhältniss der beiden Diffusionsconstanten $k_1 : k_2$ von der Temperatur, resp: von x unabhängig sei (oder auch wenn man dafür einen constanten Mittelwerth setzt), so wird auch p von x unabhängig, und die Gleichung lässt sich integriren, ohne dass die Beziehung zwischen α und x bekannt zu sein braucht. Man erhält zunächst

$$\frac{d}{dx}\log u = -\frac{d}{dx}\log(\alpha + p)$$

und daraus ergiebt sich nach der Integration, wenn mit u', α' und u'', a'' die Werthe von u und α für zwei Querschnitte von verschiedener Temperatur bezeichnet werden,

$$\text{4)} \qquad \frac{u'}{u''} = \frac{\alpha'' + p}{\alpha' + p}.$$

Denkt man sich jetzt die Temperatur der betrachteten Querschnitte so gewählt, dass in dem einen bei der höheren Temperatur alles vorhandene Salz sich im ersten (wasserfreien) Zustande befindet und in dem andern alles im zweiten Zustande (als Hydrat), so ist $\alpha' = 1$ und $\alpha'' = 0$ und

$$\frac{u'}{u''} = \frac{p}{1 + p},$$

oder einfacher, wenn man p wieder durch k_1 und k_2 ausdrückt,

$$\frac{u'}{u''} = \frac{k_2}{k_1}.$$

In zwei Schichten, deren jede das Salz ausschliesslich in einem der beiden möglichen Zustände enthält, verhalten sich die Concentrationen umgekehrt wie die Diffusionsconstanten des Salzes in den betreffenden Zuständen. Dabei ist jedoch zu be-

achten, dass die Diffusionsconstanten nicht für die Temperaturen jener Schichten zu nehmen sind, sondern beide für eine und dieselbe sonst beliebige Temperatur (etwa für einen passenden Mittelwerth). Ersetzt man p schon in der Gleichung 4) durch solche bestimmte Werthe der Diffusionsconstanten k_1 und k_2, so erhält man

$$5) \qquad \frac{u'}{u''} = \frac{k_1 \alpha'' + k_2 (1-\alpha'')}{k_1 \alpha' + k_2 (1-\alpha')},$$

und erkennt auch an dieser Gleichung eine einfache physikalische Bedeutung.

Wenn nämlich in einer Salzlösung mit den vorausgesetzten Eigenschaften die Temperatur, und folglich auch α, überall gleich ist, die Concentration aber nicht, so findet Diffusionsbewegung statt, und es geht durch einen Querschnitt q in dem Zeitelement dt die Salzmenge hindurch

$$m = m_1 + m_2 = -\left(k_1 \frac{du_1}{dx} + k_2 \frac{du_2}{dx}\right) q \, dt;$$

oder wenn man u_1 und u_2 durch u und α ausdrückt,

$$m = \left[k_1 \alpha + k_2 (1-\alpha) \right] \frac{du}{dx} q \quad dt.$$

Der Vergleich mit Gleichung 1) zeigt, dass die Diffusionsconstante k des Salzes, die man ohne Rücksicht auf die Dissociation durch passende Versuche auf Grund des Fick'schen Gesetzes findet, die Bedeutung hat $$k = k_1 \alpha + k_2 (1-\alpha).$$

Es ist k die mittlere Diffusionsconstante des Salzes bei der herrschenden Temperatur und bei dem durch α bestimmten Mengenverhältniss der beiden Modificationen. Mit wechselnder Temperatur ändert sich darin sowohl α als k_1 und k_2. Denkt man sich aber die Werthe von k_1 und k_2 für eine bestimmte Temperatur festgehalten während α variirt, so erhält man für wechselnde Dissociationsgrade die mittlere Diffusionsconstante bezogen auf gleiche Temperatur. Mit dieser Definition lässt sich die Gleichung 5) aussprechen: die Concentrationen in zwei ungleich warmen Schichten der Lösung verhalten sich umgekehrt wie die auf gleiche Temperatur bezogenen mittleren Diffusionsconstanten in jenen Schichten.

Ich will hierzu noch Folgendes bemerken: Wenn in einer Lösung

bei dem vorausgesetzten Dissociationsvorgange auch das Lösungsmittel betheiligt ist, so ist anzunehmen, dass die relative Menge desselben neben der Temperatur, auf den Grad der Dissociation einwirkt. Wenn z. B. wieder ein Salz sich wasserfrei und als Krystallwasserverbindung in wässeriger Lösung befindet, so wird nach den Gesetzen der Dissociation, bei gleicher Temperatur, in concentrirteren Lösungen mehr wasserfreies Salz, und in verdünnteren durch den Einfluss der grösseren Wassermenge mehr Hydrat gebildet werden. In solchen Fällen hängt demnach der Grad der Dissociation, der durch α gemessen wird, von der Concentration ab, und nach dem oben Gesagten muss dann auch die mittlere Diffusionsconstante des Salzes, die durch Versuche bei constanter Temperatur bestimmt wird, mit der Concentration sich ändern. Es bietet sich dadurch eine Aussicht, die mittlere Diffusionsconstante bei gleicher Temperatur für verschiedene Dissociationsgrade zu beobachten und damit die Concentration in ungleich warmen Theilen einer Lösung zu vergleichen.

Bekanntlich ist eine Abhängigkeit der Diffusionsconstanten von der Concentration in neuester Zeit für mehrere Salze nachgewiesen worden, und obgleich ich es im Ganzen für verfrüht halte, die gemachten Voraussetzungen auf bestimmte Salze zu übertragen, so kann ich doch nicht umhin, darauf aufmerksam zu machen, dass u. A. auch für das Chlornatrium eine Zunahme von k mit wachsender Concentration mit aller Sicherheit von Schuhmeister [1]) festgestellt wurde. Dieses Verhalten würde gleichzeitig mit den Soret'schen Beobachtungen an Chlornatrium eine Erklärung finden durch die Hypothese, dass die Kochsalzlösung bei den Temperaturen jener Versuche eine Krystallwasserverbindung im Dissociationszustand enthielte, und dass dieser Verbindung eine kleinere Diffusionsconstante zukomme als dem wasserfreien Salz. Ueber die Berechtigung letzterer Annahme lässt sich augenblicklich noch kaum etwas sagen, aber auf die Annahme einer Krystallwasserverbindung in der wässerigen Lösung des Chlornatriums haben schon andere Anzeichen hingewiesen [2]), freilich erst bei Temperaturen unter

[1]) Sitzb. der Wiener Akademie der Wissenschaften. II. Abth., Bd. 79.

[2]) Vergl. Fr. Rüdorff, J.-B. für Ch. 1861, 56. De Coppet, J.-B. für 1871, 80.

Null Grad, und bei — 5° krystallisirt das Kochsalz aus gesättigter Lösung mit 2 Mol. Wasser verbunden. Vielleicht eröffnet sich hier ein neuer Weg zur Erforschung der Constitution von Salzlösungen.

Man übersieht leicht, dass man zu ganz ähnlichen Resultaten kommt, wenn man mehr als zwei Modifikationen des Salzes gleichzeitig in der Lösung annimmt. Aber der verwickeltere Fall, dass ein gelöstes Salz dissociirt wird in Bestandtheile die nicht untereinander oder mit dem Lösungsmittel identisch sind, wie z. B. bei der schon erwähnten Spaltung in Säure und Basis, bedarf noch einer Erörterung. Hält man sich speciell an letzteres Beispiel, so lässt sich die Sache so ansehen, als ob beide Bestandtheile des Salzes je in zwei verschiedenen Modificationen, im freien Zustande und zu Salz verbunden, sich in der Flüssigkeit bewegten, und auf jeden Bestandtheil kann die obige Betrachtung angewendet werden. Bezeichnet man mit u die Gesammtconcentration der Säure in einer Schicht der Lösung, mit $u_1 = \alpha u$ den freien Theil derselben und mit $u_2 = (1-\alpha) u$ den verbundenen Rest; ferner mit v, $v_1 = \beta v$, $v_2 = (1-\beta) v$ die entsprechenden Grössen für die Basis, wobei β wie α ächte Brüche sind, die sich als Functionen der Temperatur von Schicht zu Schicht ändern sollen; endlich mit k_s, k_u und k_v die Diffusionsconstanten des Salzes, der Säure und der Basis, so erhält man analog der Gleichung 2) als Bedingung für den von der Zeit unabhängigen Gleichgewichtszustand die beiden Gleichungen:

$$6) \quad k_u \frac{du_1}{dx} + k_s \frac{du_2}{dx} = 0; \qquad k_v \frac{dv_1}{dx} + k_s \frac{dv_2}{dx} = 0.$$

Denkt man sich darin die Menge von Salz, Säure und Basis in Aequivalentgewichten ausgedrückt, statt in der gleichen Gewichtseinheit, so wird $u_2 = v_2$, da das Salz aus äquivalenten Mengen von Säure und Basis besteht. Man erhält daher durch Subtraction

$$7) \quad k_u \frac{du_1}{dx} = k_v \frac{dv^2}{dx}.$$

Aus diesen Gleichungen folgt wieder wie früher, dass weder Säure noch Basis gleichmässig in der Lösung vertheilt sein können, so lange

nicht die drei Diffusionsconstanten einander gleich sind. Säure und Basis strömen zu Salz verbunden nach einer Richtung, und im freien Zustande nach der andern. Die im freien Zustand sich bewegenden Mengen von Basis und Säure sind nach Aequivalentgewichten untereinander gleich und auch gleich der in Aequivalentgewichten ausgedrückten Salzmenge, die denselben Querschnitt in entgegengesetzter Richtung passirt. Dadurch bleibt die Gesammtmenge der Säure sowohl als der Basis überall gleich, während durch Umsetzung in dem einen oder andern Sinne auch das Mengenverhältniss von Salz, Basis und Säure ungeändert erhalten wird. Die Gleichung 7) spricht aber als Bedingung für einen solchen stationären Zustand aus, dass die Concentration der freien Säure sich nicht in derselben Weise von Schicht zu Schicht ändern darf, wie die Concentration der freien Basis, wenn nicht die Diffusionsconstanten beider gleich sind. Von diesem Ausnahmefall abgesehen, können demnach Säure und Basis nicht überall in äquivalenten Mengen vorhanden sein. In der Lösung eines Salzes, welches in der angenommenen Weise sich zersetzt, wird durch die ungleichmässige Erwärmung nicht nur die gleichmässige Concentration gestört, sondern auch die Neutralität. Durch diesen Umstand müsste sich daher die Zersetzung bemerklich machen lassen.

Ich füge noch bei, dass ähnliche Betrachtungen sich auf eine Lösung anwenden lassen, welche zwei Salze in partieller Wechselzersetzung begriffen enthält, wenn man annehmen darf, dass der Grad dieser Zersetzung sich mit der Temperatur ändert. Bei ungleichmässiger Erwärmung muss auch hier die Zersetzung sich durch eine ungleichmässige Vertheilung der gelösten Salze verrathen. Nach solchen Richtungen beabsichtige ich einige Versuche anzustellen.

Heidelberg, im October 1879.

Zur Physiologie des Sehepithels.

Von **W. Kühne** und **H. Sewall** aus Baltimore.

(Vorgetragen in der Sitzung am 4. Juni.)

Im Jahre 1845 hat *Brücke* von *Abramis Brama* eine Erfüllung des Retinaepitheliums mit kreideweissem Pigmente als Pseudotapetum beschrieben. Nach einigen späteren Andeutungen von *H. Müller* scheint ein solches retinales Tapetum mehreren Fischen zuzukommen; wir fanden es auch beim Kaulbarsch, bei Blicca Björkna, bei Bliccopsis abramo-rutilus und bei Alburnus bipunctatus.

Hebt man die Netzhaut eines im Dunkeln gehaltenen Bleys ab, so zeigt sich der Augengrund zu mehr als $^2/_3$ von einem kreidigen, kaum gelblichen Breie bedeckt. Hinter demselben liegt etwas braunes Pigment, nach dessen Entfernung die vordere, rein schwarze Fläche der Chorioïdea sichtbar wird. Durch Auflösen der Epithelzellen in Galle und Abschlämmen des Bodensatzes gelingt es, die undurchsichtigen weissen Körnchen, woraus derselbe besteht, zu isoliren und aus einem einzigen Auge in hinreichender Menge zu erhalten, um damit sämmtliche Verbindungen herzustellen und alle Proben auszuführen, die sie als Guanin kennzeichnen. Dasselbe ist, weil es amorph ist, nicht mit dem krystallinischen Guaninkalk der Argentea, dessen Zutreten auch leicht vermieden wird, zu verwechseln; beim Verbrennen auf Platinblech hinterlässt es kaum wahrnehmbare Spuren Asche. Die Untersuchung grösserer Mengen erwies mit Sicherheit die Abwesenheit von Xanthin, Hypoxanthin und Carnin.

Das Fuscin der Abramisretina fanden wir in alkalischen Flüssigkeiten, besonders beim Erwärmen mit schwacher Natronlauge, viel löslicher als das der bis jetzt darauf untersuchten Thiere und nach dem Ausfällen mit Säure am Lichte leichter bleichend. Im oberen tapetirten Theile des Auges scheint das zwischen den Guaninkörnchen vorkommende Fuscin nur amorph zu sein, während es in dem unteren

braunen Theile der Retina, wo die Epithelien kein Guanin enthalten, längliche, an Krystalle erinnernde Formen aufweist.

Durch Belichtung wird das beim dunkel gehaltenen Bley vorwiegend in den Kuppen angehäufte, in kleinerer Menge nur bis in die sehr langen Basen der Epithelzellen reichende Fuscin allmählich, unter Hinterlassung eines durch hellbräunliche Färbung gerade noch merklichen Rückstandes, in die Bartfäden bis an die Stäbchen- und Zapfeninnenglieder, stellenweise bis an die Membrana limit. ext. getrieben. Hierauf wird in den Kuppen erst der Kern und das weisse undurchsichtige Guanin in Gestalt feinster Körnchen und einzelner grösserer Concremente sichtbar, während die zuvor von Guanin rein weiss gefärbten und zwischen den Wurzeln der Zapfenaussenglieder am stärksten davon erfüllten Epithelfortsätze sich weisslich-braun färben. Nach etwa einstündiger Lichtentziehung findet man den Epithelbart wieder weiss, die Kuppen braun und undurchsichtig.

Dieselben Thatsachen, welche wir als Gründe für das ausschliessliche Vorkommen des Fuscins im Protoplasma der Epithelien besitzen, zwingen auch zu der Annahme, dass das Guanin des Pseudotapetums nur in den Zellenleibern und nicht ausserdem noch frei oder in einer Kittsubstanz abgelagert sei. Um so mehr muss es auffallen, dass keine einzige Beobachtung Andeutungen über Bewegungen des Guanins ergab, während das Fuscin in den von jenem vollgepfropften Basen und Fortsätzen der Zellen beim Wechsel von Licht und Dunkelheit hin- und herwanderte. Da wir in der belichteten Netzhaut niemals auf epitheliale Fäden stiessen, die nur Fuscin und kein Guanin enthalten hätten, so muss man entweder annehmen, dass das Protoplasma mittelst seiner inneren Umwälzungen nur eine Art von eingesprengten Körnchen von der Stelle zu rücken vermöge, oder nur einen Theil des Protoplasma und zwar denjenigen, in welchem sich die Fuscintheilchen von Anfang an befinden, für beweglich halten, den guaninhaltigen für erstarrt oder für unverschiebbar; doch wollen wir anderen von der Verwerthung der amöboïden Bewegungen auf die phototrope Epithelreaction gänzlich absehenden Auffassungen nicht vorgreifen.

An den nahe hinter der Iris, bis wohin das Tapetum reicht, ge-

spaltenen Augen haben wir die Verschiebungen des Fuscins innerhalb der guaninhaltigen Zellen auch in den peripherischen Theilen der Netzhaut vollkommen ausgeprägt gefunden; dagegen zeigten sich gar keine Differenzen in Dunkel- und Hellaugen bezüglich der Lage des Fuscins in dem gesammten guaninfreien unteren Abschnitte, wo die braunen Nadeln und Körnchen unter allen Umständen nur in den Basen und bis zu den Innengliedern der einfachen Zapfen in den Zellfortsätzen, nicht in den hier sehr hohen Kuppen auftraten.

Gleichzeitig mit dem Vorrücken des Fuscins entwickelt sich im Abramisauge das bekannte Haften des Epithels an der Stäbchenzapfenschicht, so dass die belichtete Retina nicht anders vom Augengrunde zu trennen ist, als durch Zerreissen der Epithelzellen, indem die Kuppen an der Chorioïdea bleiben und das meiste Guanin sammt dem Fuscin der Retina folgt. Hiermit ist immer eine festere Verklebung des Epithels auch an der Chorioïdea verbunden. Beide Erscheinungen sind offenbar unabhängig von dem Wandern des Fuscins, da sie an dem nicht tapetirten Netzhautabschnitte, dessen Fuscin unbeweglich ist, nicht minder ausgeprägt sind; auch fanden wir jenes Haften in demselben Grade und in gleicher Abhängigkeit vom Lichtwechsel beim Karpfen und beim Aal[1]) entwickelt, deren Epithelbärte schon im Dunkeln weit nach vorn mit Fuscin gefüllt sind, das nach Belichtung nur etwas reichlicher zwischen die Innenglieder der Sehzellen, beim Aal freilich fast bis zur M. limitans ext. tritt.

Die Retina des Bleys stellt im eröffneten Auge keine glatte Membran von allmählich nach vorn abnehmendem Durchmesser dar, sondern zeigt sich mit zahlreichen Verdickungen versehen, die von vorn als leichte Wulste oder als radiäre Falten erscheinen. Wir sahen diese Wulste constant kräftiger hervortretend und mehr concentrisch, weniger radiär angeordnet in der Dunkelretina als nach Belichtung und diesen Unterschied an mikroskopischen Durchschnitten des gehärteten Auges

---

[1]) Die Netzhaut des Aals besitzt nicht allein ein reiches, mit starken Sinus in der Papille des Sehnerven zusammenhängendes Gefässnetz, sondern erstaunlicher Weise auch zahlreiche Blutgefässe in der äusseren Körnerschicht, die z. Th. unmittelbar vor der M. limitans ext. liegen.

so ausgebildet, dass man von jedem Präparate schon nach dem makroskopischen Anblicke sagen konnte, welches von dunkel gehaltenen und welches von belichteten Fischen stammte. Mikroskopisch sind die Verdickungen an den letzteren zwar auch bemerkbar und geben sich als Stellen mit breiterer Stäbchenzapfenschicht zu erkennen, deren hintere Grenze geradlinig und der des Epithels und der Chorioïdea parallel verläuft, während die vordere Grenze die M. limit. ext. und mit dieser alle vorderen Schichten der Retina gegen den Glaskörper etwas vorbaucht; aber während die Enden der guanin- und fuscinhaltigen Epithelfäden hier nur einen leichten, das streckenweise verlängerte Deckepithel bezeichnenden Bogen nach vorn bilden, sieht man die Zone der Epithelbärte im Dunkelauge bedeutend weiter vortreten und die Zellen so verlängert, wie wenn die sich runzelnde Retina die gesammte Schicht der Sehzellen sammt deren epithelialer Bekleidung gedehnt hätte.

Das weisse Guaninlager hinter der Stäbchen-Zapfenschicht bietet die lang erwünschte Gelegenheit, den Sehpurpur in situ mit grösster Deutlichkeit zu sehen. In der That erkennt man die schöne Stäbchenfarbe leicht durch die Pupille des Abramisauges als violetten Schein, wenn man in dasselbe bei passender Stellung zu mässigem Tageslichte von unten nach oben blickt. Wird das Auge an dem todten Fische kurze Zeit besonnt, so erscheint die Pupille in sehr hellem Perlgrau, so wie es *Brücke* schon beschrieb. Nach hinreichender Belichtung im Leben findet man die Pupille bei ähnlicher Beleuchtung schwarz und nur unter den für das Augenleuchten günstigsten Bedingungen hellbraun. In dem des vorderen Abschnittes mit Iris und Linse beraubten Auge des Dunkelfisches sieht der Grund wie von tief violetter Lackfarbe übergossen aus, soweit das Tapetum reicht. Am Lichte geht die schöne Farbe schnell in blasses Strohgelb über, zum Zeichen, dass nicht das weit hinten liegende Fuscin der Epithelkuppen, sondern das weisse Guanin der Basen und Fortsätze das Licht durch die Stäbchen und Zapfen zurückwirft. Nach Belichtung im Leben ist die Farbe des Augengrundes je nach dem Grade des Verlustes an Sehpurpur und des Vorschreitens der Fuscinkörnchen hellbraun bis chocoladefarben.

Vom Epithelgrunde abgezogen bildet die Netzhaut des Bleys, wie die der meisten Fische, eine tief violette, kaum als purpurn zu bezeichnende Haut von ausserordentlich vergänglicher Färbung am Lichte. Die Absorption ist hier noch in dünneren Schichten eine wesentlich andere, als in den bis jetzt darauf untersuchten selbst intensiver gefärbten Netzhäuten anderer Thiere. Vor der Natronflamme sieht die Abramisnetzhaut schwarz aus und zeigt im objectiven Spectrum des Sonnenlichtes starke Absorption von D bis C, deutliches Grau von C bis B, sehr geringe Absorption im Violet. Das Maximum der Absorption liegt zwischen E und D, sehr nahe bei D. Dem entsprechend wird dieser Sehpurpur am schnellsten von dem letzteren, am wenigsten zum Grün neigenden gelben Lichte gebleicht und von dem reingelben, orangen und rothen schneller, als von indigoblauem, am langsamsten durch violettes Licht. Im Allgemeinen an gleichem Lichte mindestens 3mal schneller bleichend als der Sehpurpur des Frosches ist der Abramispurpur im violetten und indigoblauen Lichte beständiger als jener. In diesem Theile des Spectrums verschwindet die Stäbchenfarbe wie durch Verdünnung, ohne in Gelb umzuschlagen, aber die darin bis zum hellsten Lila gebleichten Fischnetzhäute werden am gemeinen Tageslichte, sowie in allen Theilen des Spectrums von E bis A vor der Entfärbung noch erkennbar gelb.

Da der Purpur auch im isolirten und eröffneten Auge dem Lichte ungemein schnell weicht, muss es besonders auffallen, dass lebende Bleye trotz weiter Pupille mindestens 20 Minuten direkter Besonnung bedürfen, um den Purpur zu verlieren. Gleich darauf getödtet gewinnen sie die Färbung im Dunkeln nicht wieder, im Leben dagegen schon in erheblichem Grade nach 20—30 Minuten. Die Neogenese ist also, wie so viele Lebensprocesse bei den Fischen, mit dem Gesammttode abgeschnitten, *intra vitam* aber sehr energisch. Andeutungen der Anagenese sind dagegen deutlich wahrzunehmen, wenn man frisch isolirte und eröffnete Augen des Dunkelfisches an der Sonne rasch ausbleicht bis ein Zipfel der Netzhaut umgeklappt keine Purpurfarbe mehr zeigt und die Rückseite nach halbstündigem Verweilen im Dunkeln wieder betrachtet.

Mittheilungen aus dem botanischen Institut der Universität Heidelberg.

1. Zur Kenntniss des Diagramms der Papaveraceen.

Von Dr **F. Benecke.**

(Vorgelegt von Prof. Pfitzer den 2. Juli 1880.)

Die Kenntniss des Diagramms der Papaveraceen-Blüthe ist bis heute eine recht beschränkte zu nennen. Von der geringen Anzahl von Untersuchungen, welche über einzelne Gattungen und Species angestellt worden sind, haben einige kein positives Resultat ergeben; andere, von verschiedenen Forschern unternommen, lieferten widersprechende Ergebnisse. Die Bearbeitung dieser Aufgabe wurde unternommen, theils um die einander entgegenstehenden Ansichten zu prüfen, theils um noch nicht behandelte Gattungen zu untersuchen. Da die Arbeit erst im Frühjahr begonnen wurde, so musste mit dem gerade zu Gebote stehenden Material vorlieb genommen werden, jedoch wird beabsichtigt, diesen Gegenstand weiter zu verfolgen. Die bisher untersuchten Species sind: *Chelidonium majus L.*, *Eschscholtzia californica Cham.*, *Bocconia cordata W.* und *Papaver somniferum L.*, über welche Nachfolgendes mitgetheilt werden kann.

1. Chelidonium majus L.

Nach Hofmeister (Allg. Morphol. d. Gewächse, pag. 474) entsteht das Andrœceum, indem zuerst zwei Paar Staubgefässe alternirend mit den inneren Kronblättern auftreten, darauf zwei Paare vor

den inneren Kronblättern. Diesen zwei 4gliedrigen Kreisen sollen 24gliedrige zusammengesetzte Wirtel folgen. Das Diagramm, in eine Formel gebracht, wäre also:

$$S\,2\quad C\,2 + 2\quad A\,2^2 + 2^2 + 24 + 24\,\ldots\,\underline{G}\,(2).$$

Nach Payer (Organog., pag. 220) ist die Entstehungsweise der ersten acht Staubgefässe ebenso, wie es Hofmeister angegeben hat, aber diesen ersten acht Staubgefässen sollen zwei unter sich und mit den ersten alternirende 8gliedrige Wirtel folgen, von welchen beiden der erstere dreifach zusammengesetzt ist in der Art, dass zwei Staubfäden zuerst mit den letzten zwei verdoppelten alternirend auftreten, dann zwei wiederum in alternirender Stellung und schliesslich ein 4gliedriger Kreis, dessen Glieder mit den zuletzt gebildeten vier ebenfalls alterniren. Payer's Diagramm formulirt wäre also:

$$S\,2\quad C\,2 + 2\quad A\,2^2 + 2^2 + 2 + 2 + 4 + 8\,\underline{G}\,(2).$$

Eichler (Blüthendiagr. II. Theil, pag. 191) hält es für wahrscheinlich, dass das Diagramm Aehnlichkeit mit dem von *Eschscholtzia californica* hat, dass sich vier mit den vier Kronblättern alternirende Staubgefässe zuerst zeigen und dass mit diesem 4zähligen Kreise mehrere 6zählige alterniren, welche aus zwei einfachen und zwei verdoppelten Staubgefässen gebildet werden. Die Verdopplung findet beim ersten 6zähligen Kreise vor den inneren Kronblättern statt. Vorkommen soll es nach Eichler, dass die Staubgefässe in 12 eingliedrigen radiirenden Zeilen stehen. — Um das von Eichler für wahrscheinlich gehaltene Diagramm durch eine Formel wiederzugeben, muss die Zeichensprache etwas erweitert werden. Da, wo sechs Staubgefässe vorhanden sind, welche aus vier dadurch entstanden sind, dass sich zwei verdoppelten, soll dieses dadurch angegeben werden, dass zu dem Zeichen 4^2 zwei einzelne Punkte treten, die durch ihren Ort andeuten sollen, wo die Staubgefässe nicht verdoppelt sind. Das Eichler'sche Diagramm wäre danach folgendermassen zu formuliren:

$$S\,2\quad C\,2 + 2\quad A\,4 + \cdot 4 \cdot^2 + \dot{\underset{\cdot}{4}}^2 + \cdot 4 \cdot^2\,\underline{G}\,(2).$$

Nach den angestellten Untersuchungen entsteht zuerst ein 4zähliger, mit den Kronblättern alternirender Kreis; darauf — möglicherweise

auch gleichzeitig — ein ebenfalls 4zähliger zweiter, mit dem ersten alternirend. In die Lücken zwischen diesen acht Staubgefässen stellen sich die Glieder eines dritten 8zähligen Kreises, dem schliesslich ein vierter 6zähliger folgt. In diesem stehen zwei einzelne Staubgefässe vor den beiden inneren Kronblättern, die übrigen vier paarweise vor den äusseren.

Dieses Resultat lieferte die überwiegende Mehrzahl der Fälle. In vereinzelten Fällen schien der dritte Kreis aus nur vier Staubgefässen zu bestehen, die dann alle vor den Kronblättern standen. In einem Falle waren zwei diagonal sich gegenüber stehende Staubgefässe des ersten Kreises verdoppelt. In einem andern stimmte die linke Seite des Diagramms mit dem gefundenen normalen überein, rechts aber war anscheinend das vor dem äusseren Kronblatt stehende Staubgefäss des zweiten Kreises höher eingefügt als die zwei sonst vor demselben stehenden des dritten Kreises. Da jedoch die Blüthe schon ziemlich entwickelt war, so durfte man wohl annehmen, dass das einzelne Staubgefäss sich durch jene zwei hindurchgeschoben hatte.

Das gefundene Diagramm weicht von Hofmeister's, Payer's und Eichler's Angaben bedeutend ab, besonders darin, dass vor allen Kronblättern ein einzelnes Staubgefäss steht. Dem Hofmeister'schen Diagramm widerspricht schon die Thatsache, dass eine so hohe Anzahl von Staubgefässen, wie sie jenes erfordert, nicht in den fertigen Blüthen angetroffen und auch nie angelegt wird.

Ob der dritte Kreis durch Verdopplung entstanden ist, kann nicht gesagt werden. Thatsache ist, dass je zwei Glieder dieses Kreises vor den äusseren Kronblättern genähert gefunden wurden. Wollte man daraus Verdopplung folgern, so würde aber zwischen dem zweiten und dritten und ebenso zwischen dem dritten und vierten Kreise die Alternation gestört sein. Diese Annäherung lässt sich aber viel besser erklären durch die langgestreckte Form der Anlage. Dieser Streckung entsprechend stehen schon die Staubgefässe des ersten Kreises zu je zwei vor den äusseren Kronblättern, obwohl jedes unbedingt für sich gebildet wird. Wenn sich nun die Staubgefässe des dritten Kreises in die von den zwei ersten Kreisen gebildeten Lücken einstellen, so

wird davon die Folge sein, dass die vor den äusseren Kronblättern stehenden Staubgefässe dieses Kreises paarweise genähert erscheinen.

Die Entwicklung der Staubgefässe der einzelnen Kreise erfolgt in relativ sehr kurzer Zeit. Daher gelingt es schwer, Zustände zu treffen, aus denen sich schliessen liesse, ob die Staubgefässe des ersten und zweiten Kreises gleich alt sind oder die des ersten älter, und ob die Staubgefässe des dritten und vierten Kreises durch Dedoublement entstehen. Diese Frage konnte zur Zeit vollends nicht entschieden werden.

Die Zählung der Staubgefässe in fertigen Blüthenknospen ergab, dass in 24 Knospen vorhanden waren:

bei	1	17	Staubgefässe,
„	1	19	„
„	2	20	„
„	6	21	„
„	12	22	„
„	1	23	„
„	1	24	„ .

Die Varietät mit zerschlitzten Kronblättern weicht in der Anzahl der Staubgefässe nicht wesentlich von diesen Zahlen ab.

Als das der Mehrzahl der Fälle entsprechende Diagramm von *Chelidonium majus* wird nach diesen Beobachtungen das folgende anzunehmen sein:

$$S\,2 \quad C\,2 + 2 \quad A\,4 + 4 + 8 + 6 \quad \underline{G}\,(2).$$

---

2. Eschscholtzia californica Cham.

Nach Hofmeister (a. a. O. pag. 473) entstehen die Staubgefässe in 2gliedrigen Wirteln, und zwar entstehen die ersten entweder alternirend mit den Kronblättern oder der erste ist dem älteren Kronblattpaare opponirt. Letzteres ist weniger häufig. In beiden Fällen «entstehen die übrigen Staubblätter in vom ersten Wirtel aus seitwärts fortschreitender Aufeinanderfolge, die vorhandenen Lücken zwischen den zwei oder vier ersten Staubblättern ausfüllend, so dass 12gliedrige

einander opponirte Wirtel gebildet werden». Eine Formel lässt sich danach kaum geben. Eichler (a. a. O. pag. 190 u. 191) tritt der Hofmeister'schen Ansicht der seitwärts fortschreitenden Aufeinanderfolge entgegen. Er bemerkt nach der von Hofmeister gegebenen Figur (oder auch nach eigenen Untersuchungen?), dass «*Eschscholtzia californica* regelmässig 12 Staminalzeilen zeigt, zu drei und drei über den Kronblättern; bald alle mit je drei Gliedern, bald nur die Seitenzeilen über den äusseren Petalen mit drei, die übrigen mit zwei oder auch die über der Mitte der inneren Kronblätter mit nur je einem Glied, so dass also die Gesammtzahl der Staubgefässe von 26 bis 36 variirt». Er deutet das Diagramm entsprechend folgender Formel:

$$S\ 2 \quad C\ 2 + 2 \quad A\ 4 + \dot{\underset{\cdot}{4}}^{2} + \cdot 4 \cdot^{2} + \dot{\underset{\cdot}{4}}^{2} + \cdot 4 \cdot^{2} \quad \underline{G}\ (2).$$

Die Untersuchung ergab, dass die von Eichler schon bezweifelte seitwärts fortschreitende Aufeinanderfolge nicht stattfindet. Zuerst wurden vier mit den Kronblättern alternirende Staubgefässe gefunden, darauf tritt vor den älteren Kronblättern je ein Paar in der Art auf, dass die Annahme von Dedoublement gerechtfertigt erscheint, und gleichzeitig ein einzelnes vor jedem inneren Kronblatt. Diese erste Entwicklungsfolge stimmt mit der von Eichler gegebenen Erklärung durchaus überein und ebenso ist zu bestätigen, dass weiter alternirende sechszählige Kreise sich anschliessen. Nicht aber darf angenommen werden, dass die paarigen Staubgefässe des dritten und der folgenden Kreise auch durch Verdopplung gebildet werden, vielmehr treten sie entschieden einzeln in den gebildeten Lücken auf. Nie wurde gefunden, dass die ersten Staubgefässe vor den Kronblättern entstehen. Dass bei derselben Pflanzenspecies solche Verschiedenheiten obwalten, wie Hofmeister angibt, dass nämlich die ersten Staubgefässe bald mit den Kronblättern alternirend, bald ihnen opponirt auftreten, ist überdies schon *a priori* recht unwahrscheinlich. Payer (a. a. O. pag. 219) untersuchte *Eschscholtzia crocea Benth.* (ob er auch *E. californica* untersuchte, geht aus Payer's Abhandlung nicht hervor) und fand, dass die Staubgefässe in 6gliedrige Kreise angeordnet sind. Die vier ersten Staubgefässe werden von den entsprechenden des dritten

Kreises bald überdeckt und sind in Folge dessen vielleicht von Payer übersehen worden. Die Möglichkeit aber, dass sich *Eschscholtzia crocea* anders verhält wie die allerdings ihr sehr nahestehende *Eschscholtzia californica*, ist nicht ausgeschlossen. Da *Eschscholtzia crocea* nicht zur Verfügung stand, war es nicht möglich, diese Frage direkt zu beantworten.

Nach Eichler sind 26 bis 36 Staubgefässe vorhanden. Diese Angabe stimmt aber mit seiner Diagramm-Erklärung nicht überein, denn danach muss die Anzahl nach Subtraction von vier durch sechs dividirbar sein, welchen Anforderungen weder 26 noch 36 entspricht. Auch können nach dieser Erklärung nicht alle 12 Staminalzeilen 3gliedrig sein.

Es wurden entweder 22 oder 28 Stamina angelegt gefunden, so dass dem ersten 4gliedrigen Wirtel drei oder vier 6zählige folgen. Aus der beobachteten Zahl der Staubblätter in den ausgebildeten Blüthenknospen geht hervor, dass sich mitunter noch ein fünfter 6zähliger Wirtel anschliesst. In den überwiegend meisten Fällen aber waren nur vier solche Wirtel vorhanden, so dass also danach die normale Anzahl 28 wäre.

Die Zählung der Staubgefässe in 26 fertigen Blüthenknospen, bei welchen übrigens die Stellung der Organe noch verhältnissmässig deutlich zu erkennen ist, ergab folgendes Resultat:

4	Knospen	hatten	je	22	Staubgefässe,
1	„	„	„	23	„
1	„	„	„	27	„
14	„	„	„	28	„
1	„	„	„	29	„
1	„	„	„	30	„
1	„	„	„	31	„
1	„	„	„	32	„
2	„	„	„	34	„ .

Bei Zahlen, die dem Diagramm nicht entsprechen, also sich nicht auf 22, 28 oder 34 belaufen, waren die überzähligen Staubgefässe meist auffallend schwach ausgebildet.

Das Diagramm von *Eschscholtzia californica* wäre nach dem Mitgetheilten übereinstimmend mit dem von Eichler aufgestellten theoretischen, jedoch mit dem Vorbehalt, dass vom dritten Kreise an die Annahme der Verdopplung nur vom phylogenetischen Standpunkte aus gerechtfertigt ist. Die Formel wäre:

$$S\,2 \quad C\,2 + 2 \quad A\,4 + \dot{\underset{.}{4}}^{2} + \cdot 4 \cdot^{2} + \dot{\underset{.}{4}}^{2} + \cdot 4 \cdot^{2} \quad \underline{G}\,(2).$$

Drei abnorme Blüthen seien hier noch beschrieben. Eine Blüthe besass fünf Kronblätter. Aller Wahrscheinlichkeit nach war ein äusseres Kronblatt verdoppelt worden. Die Stellung der Staubgefässe vor den zwei inneren und dem einfach gebliebenen äusseren Kronblatt war die gewöhnliche, aber vor den zwei anderen, vermuthlich aus einem äusseren Kronblatt hervorgegangenen Petalen war Vermehrung der Staubgefässe in der Weise eingetreten, dass vor jedem dieser zwei Kronblätter die Stamina so standen, wie sie im normalen Diagramm vor einem äusseren Kronblatt stehen. Auch die Gliederzahl jedes einzelnen Staubblattkreises wurde hierdurch um eins erhöht.

In einem anderen Falle waren sechs Kronblätter vorhanden. Vier bildeten die normale Krone; zwei standen unmittelbar vor den äusseren Kronblättern. Gegen die Annahme von serialem Dedoublement sprach die Stellung, indem je zwei über einander befindliche Petalen sich die Oberflächen nicht zuwandten, wie es beim serialen Dedoublement zu sein pflegt. Will man die Abnormität mit der Umwandlung von Staubgefässen in Kronblätter erklären, so ist dabei merkwürdig, dass die Staubgefässe des ersten Kreises nicht von dieser Metamorphose berührt wurden, sondern erst zwei des nächsten Kreises.

Im dritten Falle wurden Blüthen mit drei Kronblättern gefunden. Am Ort des vierten wurde ein Staminodium angetroffen. Die Staubgefässe dem Staminodium gegenüber standen regelrecht, vor demselben war die Stellung abweichend, konnte aber nicht erkannt werden.

Anhangsweise sei weiter der Bildung der Narben Erwähnung gethan. Eichler (a. a. O. pag. 192 u. 193) sucht die von Lindley u. A. aufgestellte Ansicht, dass die Placenten die allein fruchtbaren Carpelle seien, welche Ansicht sich theilweise darauf stützt, dass

Eschscholtzia californica vier Narben entwickelt, von denen zwei über den Placenten stehen und zwei mit diesen alterniren, dadurch zu entkräften, dass die Carpelle Narben entwickeln sollen, «mit einem Mittellappen und je zwei oder mehreren Seitenzipfeln, von denen die einander zugekehrten mitsammen zu einem den Placenten superponirten Abschnitt verwachsen». Es soll hier nur hervorgehoben werden, dass von dieser Verwachsung thatsächlich nichts zu sehen ist, sondern dass die Mitten der Carpelle zunächst einfache Narben bilden und dass dann über den Placenten einheitliche Höcker entstehen, die sich zu zwei weiteren Narben entwickeln.

3. Bocconia cordata W.

Nach Angabe von Payer (a. a. O. pag. 219) stehen die Stamina meist in vier 6gliedrigen alternirenden Wirteln. Vom ersten Kreise sollen zuerst zwei mit den Kelchblättern alternirende Staubgefässe auftreten, darauf vor den Kelchblättern je ein Paar. Die normale Anzahl der Staubgefässe wäre danach 24, die Formel:

$$S\,2\ C\,0\ A\ \cdot 4 \cdot^{2} + \dot{\underset{\cdot}{4}}^{2} + \cdot 4 \cdot^{2} + \dot{\underset{\cdot}{4}}^{2}\ \underline{G}\ (2).$$

Diese Angabe wurde durchaus nicht bestätigt gefunden. Richtig ist nur, dass zunächst zwei Staubgefässe mit den Kelchblättern alternirend auftreten. Darauf aber entsteht vor den Kelchblättern nicht je ein Paar, sondern nur je ein einzelnes. Mit diesen zwei 2gliedrigen Kreisen alternirt alsdann ein dritter 4zähliger, und an diesen schliessen sich vier bis fünf 4zählige alternirende Kreise an, von denen in der Regel beim ersten, also beim vierten Staubblattkreis, meist auch beim siebenten Verdopplung angetroffen wurde. Für diese Verdopplung sprechen entwicklungsgeschichtlich aufgefundene Thatsachen. Beim fünften Kreise wurden zuweilen einzelne, in einem Falle alle Glieder verdoppelt beobachtet; wenigstens waren die betreffenden Fälle nur durch diese Annahme mit den übrigen in Uebereinstimmung zu bringen. Vom achten Kreise wurden häufig nur zwei vor den Kelchblättern stehende, also mit den Carpellen alternirende Staubblätter gefunden. Es gelang nicht, Zustände zu beobachten, welche die Staub-

gefässe mit Einschluss des fünften und Ausschluss des sechsten Staubblattkreises enthielten, so dass von diesen zwei Kreisen nicht sicher nachgewiesen ist, ob sie zwei 4 zählige Kreise darstellen oder einen 8 zähligen; aber die deutliche Vierzähligkeit des vorhergehenden und des folgenden Kreises, sowie die Thatsache, dass diese acht Staubgefässe des fünften und sechsten Kreises nicht durch Verdopplung entstehen, ferner die zuweilen auftretende Verdopplung einzelner Glieder des fünften Kreises sprechen für die Annahme zweier 4 zähliger Kreise.

Die Ausbildung der Staubgefässregion ist eine sehr variable, weil einmal die Verdopplung oft ganz, oft theilweise unterbleibt, mitunter (bei sonst einfachen Staubblättern) ganz auftritt, oft ein, zwei oder drei Glieder betrifft. Das Diagramm schien daher beim ersten Anblick oft unregelmässig, im Allgemeinen aber liess es sich doch auf das normale zurückführen, und das, was zuerst die richtige Anschauung hemmte, wurde dann stets zur Stütze der obigen Ansicht. So waren z. B. in einem Falle im siebenten Kreise, der vier Paare enthalten soll, nur sieben Staubgefässe anzutreffen, aber eins war ungewöhnlich breit entwickelt.

Besonders hervorgehoben zu werden verdient folgender Fall, der zweimal angetroffen wurde. Das erhaltene Bild liess nach dem zweiten Staubblattkreis vier 6 zählige Wirtel wahrnehmen. Ein Staubgefäss des ersten dieser vier Wirtel zeigte Neigung zur Verdopplung. Hiervon abgesehen war das Diagramm vom dritten Staubblattkreise an ganz das von *Eschscholtzia californica*. Da alle anderen Fälle für Vierzähligkeit sprachen, so musste unbedingt der Versuch gemacht werden, auch dieses Diagramm auf Vierzähligkeit zurückzuführen, und es ist dieses in einer Weise möglich geworden, welche durch folgende Formel ihren Ausdruck finden soll:

$$S\,2 \quad A \; 2 + 2 + 4 + \cdot 4 \cdot^{2} + \dot{4}^{2} \underset{\cdot}{+} \cdot 4 \cdot^{2} \underset{\cdot}{+} \dot{4}^{2} \; \underline{G} \; (2).$$

Es sei noch bemerkt, dass eine junge Anlage angetroffen wurde, die vier Kelchblätter und eine Anzahl Staubgefässe, deren Anordnung eine unregelmässige war, zeigte. So schön es wäre, die starke Neigung zum Dedoublement auch auf die Kelchblätter übertragen zu sehen,

war doch die Annahme, dass in dem betreffenden Fall zwei Blüthenanlagen verwachsen waren, viel wahrscheinlicher und zwar wegen der langgestreckten Form der Anlage, der Deckung der Kelchblätter und der grossen Anzahl der Staubgefässe.

Die ersten Staubblätter sind bei ihrer Entstehung breiter, als die übrigen, so dass es mir zuerst wahrscheinlich war, dass diese Anlagen rudimentäre Kronblätter seien, aber die Weiterentwicklung war dieser Annahme nicht günstig. So viel lässt sich mit Sicherheit behaupten, dass sich jene Anlagen, falls sie sich nicht zu Staubblättern ausbilden, in der vollendeten Blüthe auf jeden Fall vorfinden müssten. Dieses aber ist thatsächlich nicht der Fall, den Kelchblättern folgen unmittelbar Staubgefässe, schuppenartige Gebilde sind zwischen beiden nicht vorhanden.

Die Zählung der Staubgefässe in 24 Blüthenknospen ergab:

1	Knospe	mit	23	Staubgefässen
1	„	„	26	„
3	„	„	28	„
3	„	„	29	„
2	„	„	32	„
4	„	„	33	„
3	„	„	34	„
1	„	„	35	„
3	„	„	37	„
3	„	„	39	„ .

Die Diagrammformel ist:

$$S\,2\;C\,0\;A\,2 + 2 + 4 + 4^2 + 4 + 4 + 4^2 + 4\;\underline{G}\;(2).$$

4. Papaver somniferum L.

Ueber die *Papaver*-Arten berichtet Payer (a. a. O. pag. 220), dass die Staubgefässe so zahlreich seien, dass man nur die acropetale Entstehungsfolge constatiren könne. Schmitz bemerkt dazu (die Familiendiagramme der Rhœadinen, pag. 111), dass Payer's Abbildungen ausserdem noch zeigen, «dass der Anlage der einzelnen Staminalhöcker

die Ausbildung eines Ringwalles vorhergeht, aus welchem erst die einzelnen Staubgefässanlagen hervorsprossen». Hofmeister theilt (a. a. O. pag. 474) Folgendes mit: «Bei den Arten von *Papaver*, in deren Blüthen die Blattgebilde in 3gliedrigen, gegen einander verschobenen Wirteln stehen, wie *Papaver somniferum*, *bracteatum*, *orientale*, erscheinen die ersten Staubblätter in den Interstitien der sechs Kronblätter; und von da schreitet die Anlegung von Staubblättern gegen die sechs Längsstreifen der Blüthenaxe über der Mittellinie jedes Petalum vor. Nachdem so ein erster, vielzähliger (bei *Pap. somnif.* 15- bis 30zähliger) Staubblattwirtel gebildet ist, entsteht mit ihm alternirend ein zweiter gleichzähliger, und so fort in steter Alternation bis zur Erreichung der Vollzahl der Stamina.»

Es wurde vorzugsweise *P. somniferum* untersucht. Zunächst ist gegen Hofmeister einzuwenden, dass die Blüthen hier in der Regel nicht 3-, sondern 2zählig sind. Zu bestätigen ist, dass nach Anlage von Kelch und Krone sich ein Ringwulst erhebt, auf dem die Staubgefässe entstehen. Bisher konnte ferner, obwohl bereits sehr viele Blüthenknospen untersucht wurden, nur festgestellt werden, dass sich zuerst mit den Kronblättern alternirend je 1 oder 2 Staubgefässe zeigen. In den nächst älteren Zuständen, die bis jetzt erlangt werden konnten, waren dann schon ausser den vier erwähnten sehr zahlreiche Staubgefässe angelegt, und, obwohl auch diese nicht regellos gestellt zu sein scheinen, sind die erhaltenen Resultate doch noch nicht übereinstimmend genug, um Bestimmteres aussprechen zu können. Die Anordnung der Staubblätter in alten Zuständen lässt die ursprüngliche nicht erkennen. Die Stamina stehen später so dicht, dass sie durch gegenseitigen Druck sechseckige Form annehmen und starke Verschiebungen stattfinden.

Die Formel wäre vorläufig:

$$S\,2\;C\,2+2\;A\,4+\;\ldots\ldots\;G\,\infty.$$

Zum Schluss sei eine Vergleichung der vier Diagramme versucht. Die Diagramme von *Chelidonium majus*, *Eschscholtzia californica* und *Papaver somniferum* stimmen in Kelch und Krone überein und auch darin, dass der Krone ein 4zähliger, mit ihr alternirender Staubblattkreis folgt. Bei *Bocconia cordata* treffen wir zwei Kelch-

blätter an, keine Krone, dagegen zunächst zwei zweizählige und einen vierzähligen Staubblattkreis.

Hiernach erscheint mir die Annahme gerechtfertigt, dass bei *Bocconia* an Stelle der sonst vorhandenen vier Kronblätter Staubblätter treten, wie es z. B. auch bei einer Varietät von *Capsella Bursa pastoris* und bei *Clematis* im Vergleich zu *Atragene* geschieht.

Alle vier Diagramme lassen in der Staubblattregion Vierzähligkeit erkennen:

Chelidonium: $S\,2\;\; C\,2 + 2\;\; A\,4 + 4 + 8 + 6 \;.\;.\;.\;.\; \underline{G}\;(2).$

Eschscholzia: $S\,2\;\; C\,2 + 2\;\; A\,4 + \overset{.}{\underset{.}{4}}{}^{2} + \cdot 4 \cdot^{2} + \overset{.}{\underset{.}{4}}{}^{2} + \cdot 4 \cdot^{2} \;.\;.\; \underline{G}\;(2).$

Bocconia: $S\,2\;\; A\,2 + 2 + 4 + 4^{2} + 4 + 4 + 4^{2} + 4\; \underline{G}\;(2).$

Papaver: $S\,2\;\; C\,2 + 2\;\; A\,4 + \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;. \;\underline{G}\;(\infty).$

Desshalb darf man sie vielleicht zusammenfassen zu:

$$S\,2\;\; C\,2 + 2\;\; A\,4 + 4^{n} + 4^{n} + 4^{n} \;.\;.\;.\;.\; \underline{G}\;(m).$$

Die fortgesetzte Untersuchung wird zeigen, ob dieses den vier untersuchten Species gemeinsame Diagramm an Berechtigung gewinnt, ob es für die betreffenden Gattungen Gültigkeit behält und schliesslich, ob vielleicht das Familiendiagramm der Papaveraceen ebenso zu fassen ist.

---

2. Ueber die durchscheinenden und dunklen Punkte auf den Blättern und Stämmen einiger Hyperiaceen.

Von **A. Wieler.**

(Vorgelegt von Prof. Pfitzer den 6. August 1880.)

In seiner vergleichenden Anatomie [1]) macht De Bary darauf aufmerksam, dass die Entstehung der Oellücken von *Hypericum* noch nicht genügend bekannt ist, da sich hier zwei Ansichten schroff gegenüber stehen. Nach Martinet [2]) sollen die Oellücken auf lysigenem, nach Frank [3]) auf schizogenem Wege entstehen; De Bary hat die Sache selbst nicht untersucht, neigt sich aber der ersteren Ansicht zu. Auch Martinet und Frank haben sich wenigstens mit ihrer Entwicklung nicht eingehend beschäftigt. Der erstere behauptet, dass die Oellücken analog seien den Oelbehältern von *Citrus*, und nimmt deshalb auch für sie lysigene Entstehung an; Frank knüpft seine Bemerkungen über *Hypericum* an seine Beobachtungen über *Myrtus communis* an. Betrachte man Blätter von *Myrtus* im durchfallenden Lichte unter Glycerin, so sähe man die Oelbehälter mit den in ihnen liegenden Oeltropfen, und zwar könne man, entsprechend den Entwicklungszuständen der Oellücken, Oeltropfen jeder Grösse beobachten. Da nun Frank für *Myrtus* schizogene Entstehung nachgewiesen hat, so glaubt er solche auch für alle Pflanzen, bei denen dieselben Erscheinungen auftreten, also auch für

[1]) pg. 218.
[2]) *Ann. des Sciences Naturelles.* V. Série, XIV. T. pg. 207.
[3]) Beiträge zur Pflanzenphysiologie, pg. 126.

Hypericum, annehmen zu dürfen. Frank stützt seine Ansicht durch zwei beigegebene Figuren, die Oellücken von *Hypericum* darstellen. Die erste Figur zeigt die Viertheilung einer die anstossenden Zellen an Grösse übertreffenden Zelle. In der zweiten Figur sind diese vier Tochterzellen im Auseinanderweichen begriffen und haben bereits zwischen sich einen Intercellularraum gebildet. Weiter jedoch hat Frank die Entstehung nicht verfolgt.

Im Anschluss an die Oellücken erwähnt De Bary die dunklen Punkte als ihrer Entstehung und Natur nach vollständig unbekannt. Nach Martinet sollen sie auf dieselbe Weise entstehen wie die hellen, also auf lysigenem Wege. «In den Blättern einiger *Hypericum*-Arten», sagt De Bary, «bestehen sie aus kugeligen, lockern Aggregaten runder Zellen, der Farbstoff liegt anscheinend auch zwischen ihnen.»

Die Meinungsverschiedenheiten über die Entwicklungsweise der Oellücken und der dunklen Punkte rechtfertigen eine eingehende Beschäftigung mit diesem Gegenstande.

Die Oellücken kommen bei allen untersuchten *Hypericum*-Arten vor. Bei *H. calycinum* und *tetrapterum* finden sie sich auf den Laubblättern, bei *H. perforatum* und *pulchrum* auf den Laub-, Kelch- und Kronblättern. Auf den letzteren erreichen sie in Folge des starken Wachsthums des Blattes eine langgezogene Form. Dass diese in der That von dem Wachsthum herrührt, geht aus der Anordnung der Epidermiszellen in Längsreihen hervor. Auf den Blättern aller angeführten Arten sind die Drüsen mit blossem Auge sichtbar; bei *H. calycinum* erscheinen sie freilich sehr klein. Auch bei der *Hypericum* sehr nahe stehenden Gattung *Androsæmum* sind — freilich mit blossem Auge nicht wahrzunehmende — Oellücken vorhanden.

Nicht so allgemein wie das Vorkommen der Oelbehälter ist das der dunklen Punkte. Bei *Hypericum pulchrum* erscheinen sie als randständige Knöpfchen auf den Kelch- und Kronblättern. Bei *H. perforatum* sind sie über die ganze Pflanze zerstreut, treten also am Stengel, den Laub-, Kelch- und Kronblättern, selbst bei den Staubgefässen auf. Die Narbe trägt roth gefärbte Haare.

In der Zeit des Auftretens verhalten sich die beiden Arten von

Punkten ebenfalls verschieden. Die Oellücken werden im Laufe des Wachsthums des Blattes successive angelegt, so dass man auf einem Laubblatte alle Entwicklungsstadien derselben sehen kann. Am Vegetationspunkt war nichts von ihnen zu entdecken. Die dunklen Punkte entstehen äusserst früh. Auf sehr jungen Blättern findet man bereits intensiv gefärbte Anlagen. Bei den randständigen Knöpfchen von *H. pulchrum* wurden sehr verschieden alte Zustände an ein und demselben Kronblatt beobachtet, von ungefärbten bis dunkelgefärbten. Sie entstehen hier basipetal.

Die Gestalt der Oellücken ist, abgesehen von denen der Kronblätter (S. 2), sowohl von der Fläche, als auf dem Querschnitt gesehen, rundlich. Im ausgewachsenen Zustande reichen sie bei *H. perforatum* von einer Epidermis bis zur anderen; die Lücke ist von einer Schicht nach dem Intercellularraum hin abgerundeter Zellen ausgekleidet, an welche unmittelbar die Epidermis stösst. Diese nimmt Theil an der Bildung eines im Uebrigen aus Grundgewebezellen bestehenden Ringes, der die Anlage umgiebt. Die Zellen desselben zeichnen sich durch ihre tafelförmige Gestalt aus, stehen jedoch in keiner genetischen Beziehung zu den auskleidenden Zellen. Die Anlage geschieht bei *H. perforatum* im Pallisaden- oder Schwammparenchym unmittelbar unter der Epidermis; jede Anlage ist also mindestens auf einer Seite von dieser begrenzt. Bei *H. calycinum* entstehen die Anlagen auch in der mittleren Schicht des Blattes. — Querschnitte durch die kanalartigen Lücken der Kronblätter zeigen dasselbe Bild, wie solche durch die Oellücken der Laubblätter.

Die dunklen Punkte sind rund oder länglich (bei *H. perforatum*). Auf der Fläche der Kronblätter nehmen sie vielfach auch kanalartige Gestalt an, während die dem Rande nahestehenden durchgehend rund sind. Die Knöpfchen bei *H. pulchrum* sind ebenfalls rund.

Von der Fläche ist über den inneren Bau nicht viel wahrzunehmen. Man kann einen Ring beobachten, wie er auch bei den Oellücken vorhanden ist. Die Epidermiszellen, welche diese dunklen Punkte bedecken, sind meistentheils anders gestaltet als die übrigen. Während diese wellige Ausbuchtungen zeigen (meist 5—7), haben jene eine geradlinige

Begrenzung. Die Querschnitte zeigen ein Bild, welches dem der ausgebildeten Oellücken analog ist. Der centrale Intercellularraum ist von einem gefärbten Inhaltskörper erfüllt, die auskleidenden Zellen führen im Zellsaft einen rothen, gelösten Farbstoff.

Die Entwicklung der Oellücken wurde an jungen Laubblättern von *H. perforatum* studirt. Wenn man dieselben längere Zeit in Alkohol liegen lässt, so verschwinden mit dem Chlorophyll auch die Inhaltskörper der Oellücken. Vermittelst Kali und Essigsäure lassen sich alsdann die Blätter ausserordentlich durchsichtig machen, so dass man die Entwicklung der Lücken bequem von der Fläche verfolgen kann.

Die Entwicklung beginnt mit dem Auftreten einer Zelle, welche die übrigen Parenchymzellen bedeutend an Grösse übertrifft. Zuerst tritt in ihr eine Theilwand senkrecht zur Blattfläche auf, dann folgen zwei, welche auf jener senkrecht stehen; die Zelle ist jetzt in vier Tochterzellen zerfallen. Durch Auftreten von Zellwänden in radialer Richtung vergrössert sich die Zahl der Zellen, sie steigt in der Flächenansicht auf 6 oder 8, in älteren Stadien zuweilen noch höher. Die Zellen runden sich nach dem Centrum des Behälters ab und weichen unter Bildung eines Intercellularraumes auseinander. Mit dem Wachsthum der Oellücke dehnen sich die inneren Zellen tangential aus und nehmen, wie Messungen ergaben, an absoluter radialer Höhe ab. Diese auskleidende Zellschicht ist auch an den ältesten Zuständen noch vorhanden, wie Flächenschnitte von alten Blättern zeigen.

Die Untersuchungen auf dem Querschnitt ergeben, wie zu erwarten war, dieselbe Entwicklung.

Die Entstehung der dunkeln Punkte von *H. perforatum* von der Fläche zu beobachten, war wegen der dunkeln Färbung unmöglich; auch das Entfärben lieferte in dieser Beziehung nur ungünstige Resultate. Nach langem Liegen in Alkohol verloren die dem Rande nächsten Punkte zwar etwas von der dunklen Färbung, doch war der feinere Bau noch immer nicht zu erkennen. Auch auf Querschnitten gelang es nicht, die Bildungsweise zu verfolgen. Diese ungünstigen Resultate mit den Laub- und Kronblättern legten den Gedanken nahe,

die Entwicklung an den randständigen, dunklen Anhängen der Kronblätter von *H. pulchrum* zu studiren.

Hier war jedoch weder auf den farblosen noch auf den entfärbten Anlagen ein Intercellularraum zu entdecken. Nach der Entfernung des Farbstoffes durch Salpetersäure blieben gelbgefärbte Inhaltskörper einzeln oder zu mehreren übrig, die nicht durchgängig in der Mitte, stets jedoch innerhalb einzelner Zellen lagen. Diese Anhänge bestehen demnach nur aus einem Aggregat gefärbter Zellen; nur in ihrem Farbstoff scheinen sie übereinzustimmen mit den dunklen Punkten auf der Blattfläche von *H. perforatum*. Vielleicht haben die dem Rande nahe liegenden bei *H. perforatum* ein und dieselbe Bildung wie die randständigen Knöpfchen bei *H. pulchrum*.

Obgleich es somit unmöglich war, die Entwicklung der auf den Blattflächen der Hypericaceen vorkommenden dunklen Punkte genau zu verfolgen, so zeigt doch der Querschnitt der letzteren die grösste Analogie mit demjenigen der Oellücken, und wird die Annahme, dass beide im Wesentlichen denselben Bau besitzen, noch durch Folgendes unterstützt. In den langgezogenen Lücken auf den Kronblättern von *H. perforatum* sieht man sehr häufig den Inhaltskörper zum Theil hell und klar, zum Theil ganz dunkel gefärbt, und enthalten dann die Zellen, welche das letztere Stück des Inhaltskörpers umgeben, auch gelösten rothen Farbstoff. Es giebt somit vollständige Uebergänge zwischen den hellen und dunklen Gebilden und darf darum wohl auf die Identität auch der Entstehung beider geschlossen werden.

Ueber die Natur der in den Intercellularräumen enthaltenen, stark lichtbrechenden Substanz wurde noch das nachstehende festgestellt.

Behandelt man Blätter mit alkoholischer Anilinlösung, so färben sich die Inhaltsmassen roth, bei lange fortgesetzter Einwirkung dieser Lösung verschwindet die Färbung wieder, da die Inhaltskörper in Alkohol löslich sind, wie sich bei langem Liegen der Blätter in Alkohol zeigt. Kocht man Kronblätter mit Wasser, so verschwinden die Inhaltskörper der Lücken. Dieselben färben sich nicht mit Eisenoxydlösung und Kupferacetat.

Diese Erscheinungen sprechen dafür, dass die Massen ätherisches

Oel sind, und diese Ansicht findet in dem Umstande eine Stütze, dass die zwischen den Fingern geriebenen Laubblätter einen aromatischen Geruch ausströmen.

Eine eigenthümliche Erscheinung nimmt man wahr, wenn man senkrecht zur Oberfläche durchschnittene Kronblätter in Wasser, Ammoniak oder Kali bringt. An den durchschnittenen Oellücken kann man beobachten, wie die Inhaltsmassen austreten, ohne ihr Volumen zu vergrössern, und meistens Kugelgestalt annehmen. Bei Einwirkung von Kali beobachtet man, wie die ursprünglich homogenen Massen sich trüben, ihre Structur ändern und zum Theil schliesslich sich in zahlreiche kleine Kugeln auflösen. Auch diese Erscheinung spricht für ein ätherisches Oel. Stellt man sich z. B. eine Emulsion von Cassiaöl und Wasser her, setzt darauf zu einem Tropfen derselben Kali, so sieht man unter dem Mikroskop ähnliche Structuränderungen der Oelmassen; eine Auflösung derselben in Kügelchen konnte jedoch nicht beobachtet werden.

In verdünntem Glycerin treten die Massen nicht aus — das Austreten kann daher vielleicht durch Gewebespannung erklärt werden.

Lässt man die Inhaltsmassen in Wasser austreten und behandelt sie dann mit Salpetersäure, so färben sie sich intensiv gelb, ändern sich sonst jedoch nicht.

Ueber die Inhaltskörper der dunklen Drüsen ist nicht viel zu sagen. Auf Querschnitten des Stammes erscheinen sie als Aggregate scharfkantiger Stücke.

Kali gegenüber verhalten sich diese Inhaltsmassen ebenso wie die der Oellücken. Das Austreten findet nicht mehr statt, wenn die Blätter längere Zeit in Alkohol gelegen haben.

Alkohol und Wasser scheinen den Inhaltskörper nicht zu verändern.

Ob der Farbstoff der gefärbten Inhaltskörper derselbe ist, wie er sich in den umgebenden Zellen gelöst findet, ist schwer zu entscheiden.

Wenn die Drüsen verletzt sind, so werden beide Farbstoffe von Wasser und Alkohol gelöst. Unverletzte Drüsen werden durch Wasser gar nicht, durch Alkohol nicht vollständig entfärbt.

Der Farbstoff der randständigen Zellenaggregate von *H. pulchrum*

scheint derselbe zu sein wie in den dunklen Drüsen von *H. perforatum*.

Durch Kochen mit Glycerin färbten sich die Farbstoff führenden Zellen von *H. pulchrum* hellroth, sie durch fortgesetztes Kochen ganz zu entfärben, gelang nicht. Auch für *H. perforatum* wurde eine Verminderung der Intensität der Färbung wahrgenommen.

Chlorkalk entfärbt, wenn auch sehr langsam, den Farbstoff, doch macht er die Präparate undurchsichtig.

Salpetersäure entfärbt bei längerer Einwirkung die Zellen vollständig. Die Präparate leiden jedoch an grosser Undeutlichkeit. Wäscht man das mit Salpetersäure entfärbte Blatt aus, so färben sich die Zellen wieder braun, in Glycerin gelegt aber bleiben sie farblos.

Kali verwandelt den rothen Farbstoff in einen grünen; durch Einwirkung von Essigsäure wird das Roth wieder hergestellt.

Bei einem zufällig bereiteten alkoholischen Auszug der Kronblätter von *H. perforatum* fiel dessen lebhafte hellrothe Fluorescenz auf. In einer concentrirten Lösung ist dieselbe so bedeutend, dass die Flüssigkeit die Farbe von Siegellack annimmt, wenn man das Gefäss gegen einen dunkeln Gegenstand hält. Die Fluorescenz findet in allen Farben des Spectrums statt. Der Farbstoff gehört also zu der ersten der von Lommel[1]) aufgestellten Classen, nämlich zu den Körpern, «bei welchen jeder erregungsfähige homogene Lichtstrahl das ganze Fluorescenzspectrum hervorruft». Bei durchgehendem Lichte ist die Flüssigkeit gelb. Das Absorptionsspectrum zeigt einen doppelten Streifen im Gelb, einen dunklen von der Grenze des Orange und des Gelb bis zur D-Linie und einen etwas schwächeren rechts von D. Ein anderer Absorptionsstreifen liegt im Grün in der Mitte zwischen D und b. Von der Linie G an ist der Rest des Spectrums absorbirt; nach dem Roth zu ist dieses Band abgeschattet. Mit steigender Concentration der Lösung oder grösserer Dicke ihrer Schicht nehmen die Absorptionsstreifen an Breite und Intensität zu. Bei genügend dicker Schicht wird das ganze Spectrum bis auf das Roth absorbirt; in diesem tritt noch ein

---

[1]) Ueber Fluorescenz, Wiedemann, Annalen der Physik und Chemie. Neue Folge. Bd. III.

schwacher dunkler Streifen auf, der ungefähr an der Stelle des Absorptionsbandes des Chlorophylls liegt und vielleicht von einer kleinen Beimengung dieser Substanz herrührt.

Schüttelt man die alkoholische Lösung mit Benzol, so löst das letztere einen gelben Farbstoff auf. Das Spectrum desselben zeigt eine geringe Absorption im Blau.

Das Spectrum der mit Benzol ausgeschüttelten alkoholischen Lösung ist nahezu dasselbe, wie das der ursprünglichen alkoholischen Lösung.

Ein alkoholischer Auszug aus den Laubblättern von *H. perforatum* zeigt ausser den Absorptionsstreifen des Chlorophylls noch die beiden charakteristischen schwarzen Ränder des Kronblattauszuges im Gelb und Grün.

Ein Aetherauszug der Kronblätter ist in kleinen Massen bei durchgehendem Lichte farblos, in concentrirterem Zustande gelb, bei auffallendem Lichte fluorescirt er roth, wie die alkoholische Lösung, und hat dasselbe Spectrum wie diese. Der gelbe Farbstoff ist nach Abguss der Aetherlösung noch in den Kronblättern vorhanden.

Die letzteren zeigen, frisch durch den Spectralapparat betrachtet, die charakteristischen Absorptionsbänder der Lösung nicht.

Zerdrückt man eine dunkle Drüse eines in Alkohol liegenden Kronblattes, so tritt sofort in dem Tropfen die lebhafte Fluorescenz auf.

Setzt man zu dem alkoholischen Auszuge Kali, so färbt sich derselbe grün, auf Hinzufügung von Essigsäure nimmt er seine frühere Farbe wieder an. Dieselbe Erscheinung kann man an den dunklen Drüsen wahrnehmen.

Alle diese Erscheinungen sprechen dafür, dass der lebhaft roth fluorescirende, gelbe Farbstoff aus den rothen Zellsaft führenden Zellen der Kron- und Laubblätter stammt, mag er nun ein Theil desselben oder ein Zersetzungsproduct sein.

Die einzige Angabe, die über die optischen Eigenschaften des Farbstoffs aufzufinden war, ist in einer Arbeit von Thos. Palmer[1])

[1]) The various Changes caused on the Spectrum by different Vegetable-Coloring Matter. The Monthly Microscopical Journal Vol. XVII. — Vgl. ausser-

über spectralanalytische Beobachtungen gegeben. Nach ihm ist das normale Hypericin röthlich orange. (Was er unter normal versteht, erwähnt er nicht.) Bei Behandlung mit Säure wird das Hypericin roth; wenn die Lösung mit Oel hergestellt wird, behält sie die natürliche Färbung. Das Spectrum, welches die Oellösung liefert, unterscheidet sich von dem, welches die mit Säure versetzte Oellösung giebt, dadurch, dass die Absorptionsbänder im Gelb und Grün weiter nach rechts gerückt und bedeutend intensiver sind. Nach dem Blau hin sind sie abgeschattet. Die Absorption im brechbareren Theile des Spectrums reicht bis fast zur Linie b, nach der zu das Band abgeschattet ist; dasselbe Band ist im Spectrum der Oellösung weniger intensiv. Das Spectrum der mit Säure versetzten Oellösung soll fast mit dem des normalen Hypericins übereinstimmen. Es ist auch beinahe mit dem von mir gefundenen Spectrum identisch, nur dass bei diesem die Streifen im Gelb und Grün nicht abgeschattet sind; die Lage ist die gleiche. Palmer erklärt das Spectrum der Oellösung aus der Gegenwart des gelben Farbstoffes der Kronblätter. Diese Ansicht ist wohl kaum haltbar, da die gelbe Lösung, welche man durch Schütteln der alkoholischen Lösung mit Benzol erhält, nur ein Absorptionsband im Violett liefert.

Zum Schluss sei noch bemerkt, dass auf den Laubblättern von *H. calycinum, perforatum* und *pulchrum,* ferner auf denen von *Androsæmum* ein Wachsüberzug wahrgenommen wurde.

dem in chemischer Hinsicht A. Buchner, Ueber das *Hypericum perforatum* in Buchner's Repertorium für Pharmacie. 1830. XXXIV. S. 217 — und Marquart, Die Farben der Blüthen. 1835. S. 59. 82.

Beobachtungen über Bau und Entwicklung der Orchideen.

Von E. Pfitzer.

8. Uebersicht des allgemeinen Aufbaus der Orchideen.

(Vorgelegt den 5. Juli 1880.)

Das nachstehende Schema soll nur die Ergebnisse meiner Studien über den Aufbau der Orchideen kurz zusammenfassen — eine eingehende Darstellung, in welcher auch Embryologie, Keimung, Verzweigung, Distichie, Stellung der Wurzeln u. s. w. zu behandeln sein werden, wird am Ende dieses Jahres erscheinen. Die angeführten Arten sind nur als typische Beispiele genannt — meistens gehört eine grosse Zahl von Formen zu jeder einzelnen Abtheilung.

I. **Monopodiale Orchideen** [1]. Die Hauptaxe wächst an der Spitze unbegrenzt fort, die Blüthenstände beschliessen besondere, nur Schuppenblätter tragende Seitenaxen.

A. Formen mit Laubblättern.

1. Knospenlage der Laubblätter einfach gefaltet (duplicativ).

a) Laubblätter dorsiventral, flach, meistens stumpf und unsymmetrisch endend, rechtwinklig zur Hauptaxe ausgebreitet.

α. Internodien sehr verlängert, Stamm kletternd: *Esmeralda Cathcarti Rchb.*

β. Internodien ganz kurz, Stamm aufrecht.

aa) Laubblätter zahlreich, schmal mit parallelen Rändern: *Vanda tricolor Ldl.*

---

[1] Vergl. Botan. Zeitung 1880, S. 139. 192.

bb) Laubblätter wenige, breit eiförmig: *Phalænopsis Schilleriana Rchb.*

cc) Laubblätter aus schmalem Grunde gegen die tief ausgerandete Spitze verbreitert: *Angrecum alcicorne Ldl.*

b) Laubblätter dorsiventral, meistens spitz endend, durch Drehung der Spreite der Hauptaxe parallel gerichtet.

α. Internodien und die dem Substrat angepressten Laubblätter verlängert: *Sarcanthus pallidus H. B.*

β. Internodien und die dem Substrat angepressten Laubblätter sehr verkürzt; Habitus fast an Lebermoose erinnernd: *Dichæa echinocarpa Ldl.*

γ. Internodien verkürzt, Laubblätter verlängert und sichelförmig gebogen, scheinbar reitend: *Saccolabium obliquum Ldl.*

c) Laubblätter äquilateral mit senkrechter Spreite, wirklich reitend.

α. Stamm verlängert, dünn mit dicht gedrängten kurzen, fleischigen Blättern: *Aeranthus distichus Rchb.*

β. Stamm kurz, aus gestauchten Internodien bestehend, mit wenigen relativ grossen Blättern (Irideen-Habitus) *Sarcochilus montanus Ldl.*

d) Laubblätter drehrund, mit mehr oder weniger tiefer Furche auf der Oberseite.

α. Stämme kletternd, aus langen Internodien gebildet: *Vanda teres Ldl.*

β. Stämme aufrecht, Internodien ganz kurz: *Aerides mitratum Ldl.*

2. Knospenlage der Blätter gedreht (convolutiv), Internodien verlängert, Stämme kletternd: *Vanilla aromatica Sw.*

B. Formen ohne Laubblätter, auch an der Hauptaxe nur Schuppen bildend.

1. Internodien verlängert, ganze Pflanze kletternd, grün: *Vanilla aphylla Bl.*

2. Internodien ganz verkürzt, von den dicht gedrängten, spiralig gestellten Schuppen zwiebelartig umgeben: *Aeranthus funalis Rchb.*

II. **Sympodiale Orchideen.** Das Wachsthum der Hauptaxe erlischt früh, meistens am Ende einer Vegetationsperiode, während ein Seitenspross die Fortentwicklung übernimmt.

A. Formen mit Laubblättern.

1. Inflorescenzen lateral, an besonderen, nur Schuppenblätter tragenden Axen — Hauptaxe nur durch das Erlöschen des Wachsthums begrenzt: *Pleuranthe Sympodialen.*

a) Typisch kein Internodium der Hauptaxe wesentlich anders entwickelt, als die übrigen (Homoblastae).

α. Knospenlage der mit überwiegend starker Mittelrippe versehenen Blätter einfach gefaltet (duplicativ).

aa) Inflorescenzen in den mittleren und oberen oder nur in den oberen Blattachseln der Hauptaxe.

αα. Laubblätter dorsiventral, flach, verhältnissmässig kurz.

n) Stämme schlank cylindrisch, Internodien verlängert, Laubblätter zahlreich, den Stamm kreuzend: *Dendrobium nobile Ldl.*

o) Sonst ebenso, Laubblätter durch Drehung dem Stamm parallel: *D. pulchellum Roxb.*

p) Internodien dünn, Knoten knollig angeschwollen: *D. crassinode Ldl.*

q) Stämme aus schlankem Grunde knollig anschwellend, nach oben wieder dünn cylindrisch: *D. crumenatum Ldl.*

r) Stämme schlank cylindrisch, mit wenigen Laubblättern nahe der Spitze: *D. gracilicaule Ldl.*

s) Stämme aus schlankem Grunde keulenförmig, nahe der wenige Laubblätter tragenden Spitze am dicksten: *D. densiflorum Wall.*

t) Ebenso bei seitlich zusammengedrücktem flachem Stamm: *D. sulcatum Ldl.*

u) Stämme in langeiförmige, dicke Knollen mit wenigen Laubblättern an der Spitze umgewandelt: *D. speciosum Sm.*

v) Ebenso mit breiten, seitlich zusammengedrückten Knollen: *D. compressum Ldl.*

w) Knolle fast kugelig, Blätter schmal, fleischig: *D. Tattonianum.*

x) Knolle von oben nach unten abgeplattet, unregelmässig: *Äggeianthus marchantioides Wight.*

y) Nur ein vertical gestelltes dorsiventrales Laubblatt auf kurzem cylindrischem Stamm (Habitus von *Masdevallia*): *D. longicolle Ldl.*

z) Anhang: Ein Internodium wesentlich bevorzugt, Uebergänge zu den typisch heteroblastischen Formen.

α' Bevorzugtes Internodium dünn, lang cylindrisch, mit wenigen Blättern an der Spitze: *Eria stricta Ldl.*

β' Zweierlei Triebe: Die einen schlank-cylindrisch, mit der Inflorescenz nahe der Spitze, die anderen aus einem knollig angeschwollenen Internodium mit einem Laubblatt darauf bestehend: *Dendrobium nitidissimum Rchb.*

γ' Alle Triebe wie die knolligen und laubblatttragenden der vorigen Form, Inflorescenz nahe der Spitze der Knolle: *Eria rosea Ldl.*

$\beta\beta$. Laubblätter scharf dreikantig, mit vertiefter Oberseite.

n) Wuchs gedrängt, schuppentragende Basalstücke der Sympodialglieder ganz kurz: *Oncidium triquetrum Ldl.*

o) Wuchs durch die sehr verlängerten Basalstücke der Sympodien kletternd: *O. sylvestre Ldl.*

γγ. Laubblätter äquilateral mit senkrechter Spreite, reitend.

n) Stämme verlängert, Blätter kurz, dicht gedrängt, fleischig: *Dendrobium anceps Roxb.*

o) Ebenso mit zarten durchscheinenden Blättern: *Lockhartia elegans Hook.*

p) Stämme ganz kurz, Blätter relativ lang (Irideen-Habitus): *Oncidium iridifolium Ldl.*

δδ. Laubblätter drehrund, auf der Oberseite gefurcht.

n) Blattspreiten lang, an schlankem, cylindrischem Stamm zahlreich: *Eria pannea Ldl.*

o) Blattspreiten lang, an oben und unten schlankem, in der Mitte knollig angeschwollenem Stamme zahlreich: *Dendrobium junceum Ldl.*

p) Blattspreiten zu kurzen zurückgekrümmten Spitzen reducirt: *D. uncatum Ldl.*

q) Blattspreiten lang, an cylindrischem, stark verzweigtem Stamme einzeln, scheinbar die Stammäste fortsetzend: *D. teretifolium R. Br.*

εε. Laubblätter dickfleischig, polsterartig, einzeln an den Enden der Aeste des stark verzweigten Stammes.

n) Spreiten noch deutlich von oben nach unten abgeplattet: *Dendrobium linguiforme Sw.*

o) Spreiten spindelförmig, warzig, gurkenähnlich: *D. cucumerinum Mac Leay.*

bb) Inflorescenzen aus tiefen Blattachseln am Grunde des Stammes, jedoch noch oberhalb der Laubtriebe hervorbrechend.

αα. Laubblätter dorsiventral, flach, meistens sehr verlängert.

n) Blätter derb, mit parallelen Rändern, meist unsymmetrisch endend.

α' Stämme sehr verlängert, aufrecht, von Vanda-artigem Habitus: *Grammatophyllum speciosum Bl.*

β' Stämme kurz, cylindrisch: *Cymbidium Mastersii Griff.*

γ' Stämme kurz, dickknollig: *C. giganteum Wall.*

o) Blätter zart, sehr dünn, die ganze Pflanze einem kleinen Grasbüschel ähnlich: *Phymatidium sp.*

p) Blätter zart, bogennervig, meist breit eiförmig und spitz: *Bollea cœlestis Rchb.*

ββ. Laubblätter äquilateral, senkrecht (Irideen-Habitus): *Maxillaria iridifolia Rchb.*

β. Knospenlage der vielrippigen Blätter gedreht (convolutiv).

aa) Stämme schlank cylindrisch: *Limatodes gracilis Ldl.*

bb) Stämme aus schlanker Basis keulenförmig anschwellend, *Chysis aurea Ldl.*

cc) Stämme zu meterlangen, spindelförmigen Knollen umgestaltet: *Cyrtopodium punctatum Ldl.*

dd) Stämme in kurze, nahe dem Grunde breiteste,

wie bei den vorigen fast über und über Laubblätter tragende Knollen verwandelt: *Catasetum barbatum Ldl.*

ee) Ebenso, Laubblätter wenige an der Spitze der eingeschnürten Knolle: *Limatodes rosea Ldl.*

ff) Ebenso, Knollen von oben nach unten plattgedrückt, halb unterirdisch: *Bletia florida R. Br.*

gg) Stämme zu unterirdischen, kriechenden Rhizomen umgebildet: *Cyrtopera sanguinea Ldl.*

hh) Stämme aus wesentlich einem, stark angeschwollenen Internodium gebildet: *Preptanthe vestita Rchb.*

b) Ein Internodium der Hauptaxe typisch wesentlich abweichend, meist knollig ausgebildet (Heteroblastae).

α. Knospenlage der mit überwiegend starker Mittelrippe versehenen Blätter einfach gefaltet (duplicativ).

aa) Inflorescenzen höher an der Hauptaxe entspringend, als die Laubtriebe.

αα. Inflorescenz typisch in der Achsel des unterhalb der Knolle obersten Blattes.

n) Blätter flach, dorsiventral, mit allmählichem Uebergange der Niederblätter in spreitentragende Laubblätter, auf der Knolle Blattspreiten.

α' Sympodialglieder ganz kurz, Wuchs gedrängt: *Odontoglossum crispum Ldl.*

β' Sympodialglieder verlängert, starr; die einzelnen Knollen über einander erhebend: *Rodriguezia rigida Rchb.*

γ' Sympodialglieder verlängert, zu einem dünnen kletternden Rhizom mit scheinbar seitlichen Knollen verbunden: *Oncidium zebrinum Rchb.*

δ' Ebenso mit windenartig schlingendem

Rhizom: *Oncidium convolvulaceum Ldl.*

o) Blätter flach, dorsiventral — unterhalb der Knolle nur Scheidenblätter, auf ihr Laubblätter: *Oncidium sarcodes Ldl.*

p) Nur ein flaches, dorsiventrales, dickfleischiges Laubblatt auf der Knolle.

α' Knolle gross, normal: *Oncidium pulvinatum Ldl.*

β' Knolle sehr klein, Blatt gross, senkrecht aufgerichtet: *Oncidium Cavendishianum Batem.*

q) Blätter äquilateral, senkrecht, reitend, eins auf der Knolle, einige darunter: *Trizeuxis falcata Ldl.*

r) Das einzige auf der Knolle stehende Laubblatt drehrund, gefurcht: *Oncidium Cebolleta Sw.*

s) Unter der Knolle die Laubblätter, auf ihr nur kleine Schuppen: *Jonopsis paniculata Ldl.*

ββ. Infloreseenz typisch in der zweiten Blattachsel unter der Knolle stehend. Unter dieser nur Niederblätter, auf ihr ein Laubblatt.

n) Laubblatt breit, eiförmig: *Trichopilia tortilis Ldl.*

o) Laubblatt schmal, fleischig, fast dreikantig: *Trichopilia hymenantha Rchb.*

γγ. Inflorescenz aus tieferen, weiter von der Knolle entfernten Blattachseln entspringend. Auf der Knolle nur ein Laubblatt, unter ihr spreitenlose Niederblätter: *Palumbina candida Rchb.*

bb) Inflorescenzen theils unterhalb, theils oberhalb des Laubtriebs an der Hauptaxe entspringend. Unter der Knolle nur Niederblätter, auf ihr meistens ein Laubblatt.

αα. Knollen relativ gross, Wuchs gedrängt: *Bolbophyllum recurvum Ldl.*

ββ. Knolle relativ gross, Wuchs in Folge verlängerter Sympodialstücke kletternd: *B. Thouarsii Rchb.*

γγ. Knollen klein, Blatt senkrecht gestellt, fleischig, über $^1/_2$ Meter lang, breitelliptisch: *B. Beccarii Rchb.*

δδ. Knollen klein, Blatt dickfleischig, klein, kreisrund: *B. lichenastrum Müll.*

εε. Knolle noch nicht erbsengross, mit winzigem Blatt, wickelartig, anscheinend zweizeilig angeordnet: *B. sp.* von Borneo.

ζζ. Knollen abgeplattet, winzig, in eine Reihe gestellt und durch ein fadendünnes Rhizom verbunden, Blätter anscheinend rudimentär: *B. minutissimum Müll.*

cc) Inflorescenzen an der Hauptaxe unterhalb des Laubtriebs entspringend; letzterer meistens in der obersten Blattachsel unter der Knolle.

αα. Blattfolge allmählich, die Niederblätter successiv in Laubblätter übergehend.

n) Wuchs gedrängt: *Maxillaria virguncula Rchb.*

o) Knollen einander fast berührend; das Sympodium erhebt sich schräg über die Unterlage: *M. prætexta Rchb.*

p) Wuchs durch lange senkrechte Basalstücke der Sympodialglieder steif aufrecht, Knollen weit von einander entfernt: *M. sp. H. H.*

q) Blätter grasartig schmal: *Maxillaria tenuifolia Ldl.*

ββ. Blattfolge unterbrochen, unter der Knolle nur Niederblätter, auf ihr meistens ein einziges Laubblatt.

n) Wuchs gedrängt: *Maxillaria porphyrostele Rchb.*

o) Wuchs durch lange Basalstücke der Internodien kriechend: *M. marginata Fenzl.*

β. Knospenlage der meistens deutlich vielrippigen Blätter gedreht (convolutiv).

aa) Inflorescenz an der Hauptaxe höher eingefügt, als der Laubtrieb.

αα. Inflorescenz dicht an der Knolle: *Cœlia Baueriana Ldl.*

ββ. Inflorescenz ziemlich tief unterhalb der Knolle: *Zygopetalum Mackaii Hook.*

bb) Inflorescenz an der Hauptaxe tiefer eingefügt, als der meist in der obersten Blattachsel unter der Knolle stehende Laubtrieb.

αα. Blattfolge allmählich: *Anguloa uniflora R. et Pav.*

ββ. Blattfolge unterbrochen: *Lacæna bicolor Ldl.*

2. Inflorescenzen terminal, jede genügend kräftige Hauptaxe begrenzend. Blüthen selbst seitenständig, nur als Pelorien terminal. *Acranthe Sympodialen.*

a) Typisch kein Internodium der Hauptaxe anders entwickelt als die übrigen (Homoblastae).

α. Knospenlage der Laubblätter einfach gefaltet (duplicativ).

aa) Blätter dorsiventral, flach.

αα. Laubblatttragende Internodien gestreckt, Blätter relativ kurz.

n) Die meisten Knoten mit Laubblättern.

α' Stämme kletternd: *Epidendrum radicans Pav.*

β' Stämme aufrecht, kräftig: *Epidendrum cnemidophorum Rchb.*

γ' Stämme sehr dünn, Blätter schmal, grasartig: *Isochilus linearis R. Br.*

δ' Stämme sehr dünn, fadenartig, Blättchen nicht grösser als Laubmoosblätter, Pflanze kriechend: *Podochilus densiflorus Bl.*

o) Laubblätter gegen die Stammspitze zusammengedrängt, der grösste Theil des kräftigen Stammes nur Niederblätter tragend.

α' Stamm aufrecht, cylindrisch: *Epidendrum (Cattleya) amethystoglossum Rchb.*

β' Stamm nach der Spitze hin keulenförmig verdickt: *Bletia (Schomburgkia) tibicinis Rchb.*

γ' Stamm ebenso, seitlich abgeplattet: *Bletia (Lælia) crispa Rchb.*

δ' Stamm zur langeiförmigen Knolle umgebildet: *Bletia (Lælia) autumnalis Rchb.*

ε' Stamm eine kugelige Knolle: *Bletia (Lælia) speciosa H. B. K.*

ζ' Der knollenförmige Theil des Stammes wesentlich aus einem Internodium gebildet.

† Wuchs dicht gedrängt: *Epidendrum cepiforme Ldl.*

†† Wuchs durch lange Basalstücke der Sympodialglieder kriechend: *E. polybulbon Rchb.*

η' Sympodialglieder eine scheinbare zickzackartig gebogene Hauptaxe bildend, an der die Blätter dem Substrat angedrückt zweizeilig zu stehen scheinen: *Sophronites cernua Ldl.*

ϑ' Zweierlei Triebe — die laubblatttragenden keulenförmig, steril, die blühenden langcylindrisch ohne Laubblätter: *Epidendrum Stamfordianum Batem.*

p) Typisch nur ein Laubblatt am Ende des zarten cylindrischen Stammes.

α' Nur ein kleines Stück jedes Sympodialgliedes auf dem Substrat, der grösste Theil aufrecht, Wuchs gedrängt: *Pleurothallis bicarinata Ldl.*

β' Der grösste Theil jedes Sympodialgliedes dem Substrat angeschmiegt, nur ein kurzes Stück aufrecht, Wuchs kriechend: *Pl. spiculifera Ldl.*

γ' Kriechender und aufrechter Theil jedes Sympodialgliedes sehr kurz, das lange Laubblatt fast allein über den Boden erhoben: *Masdevallia polysticta Rchb.*

δ' Wuchs wickelartig, wie bei o) η', Zwergformen: *Lepanthes Nummularia Ldl.*

$\beta\beta$. Laubblätter tragende Internodien verkürzt, nur die Hochblätter tragenden verlängert. Blätter relativ lang.

n) Die meisten Knoten Laubblätter tragend: *Cypripedium barbatum Ldl.*

o) Nur zwei stumpfdreieckige, in der Form an Gingko erinnernde Blätter: *Cypripedium japonicum Thunb.*

p) Nur ein herz- oder eiförmiges Laubblatt an einem kleinen unterirdischen, aus mehreren Internodien bestehenden Knöllchen: *Pogonia discolor Bl.?*

bb) Laubblätter äquilateral, senkrecht, reitend.

αα. Internodien verlängert, Blätter kurz (Habitus von Lockhartia): *Epidendrum vesicatum Ldl.*

ββ. Internodien verlängert, Blätter lang, spitz: *Epidendrum equitans Ldl.*

γγ. Internodien ganz kurz, Blätter lang (Irideen-Habitus): *Malaxis (Oberonia) iridifolia Rchb.*

cc) Laubblätter drehrund, gefurcht.

αα. Internodien verlängert, mit vielen Laubblättern: *Epidendrum teres Rchb.*

ββ. Internodien verlängert, ein gekrümmtes, anscheinend den Stamm fortsetzendes Laubblatt: *Bletia (Brassavola) nodosa Rchb.*

γγ. Internodien verkürzt, ein kurzes aufrechtes Laubblatt, Wuchs kriechend: *Leptotes bicolor Ldl.*

δδ. Ebenso, zwergartig, von dicht rasenförmigem Wuchs: *Masdevallia triaristella Rchb.*

β. Knospenlage der Laubblätter gedreht (convolutiv).

aa) Ohne Wurzelknollen.

αα. Internodien verlängert, mit zahlreichen Laubblättern.

n) Laubblätter zart, glatt, graugrün, aus breitem Grund verschmälert, mit deutlicher Mittelrippe: *Thunia alba Rchb.*

o) Laubblätter weich, glatt, netzaderig, oft buntfarbig: *Goodyera discolor Ldl.*

p) Laubblätter fest, gefaltet, lebhaft grün: *Sobralia macrantha Ldl.*

q) Laubblätter ebenso, zu wenigen gegen das Ende des cylindrischen Stammes: *Sobralia sessilis Ldl.*

bb) Mit Wurzelknollen: *Orchis latifolia L.*

b) Ein Internodium jedes Sympodialgliedes typisch anders entwickelt, als die übrigen, meist knollig (Heteroblastae).

α. Knospenlage der Blätter einfach gefaltet (duplicativ).

aa) Blätter dorsiventral, flach.

αα. Laubtriebe nur aus den grundständigen Niederblättern der Sympodialglieder hervorbrechend. Ein Internodium knollig.

n) Wuchs dicht gedrängt: *Liparis longipes Ldl.*

o) Wuchs durch lange Internodien unter der Knolle kriechend: *Cœlogyne fimbriata Ldl.*

ββ. Laubtriebe auch aus den Blattachseln oberhalb des schlank knolligen Internodiums entstehend: *Ponera violacea Rchb.*

bb) Ein einziges drehrundes Laubblatt, welches, wie bei *Juncus conglomeratus*, das lange Stengelinternodium anscheinend fortsetzt und die Inflorescenz zur Seite drängt: *Ceratostylis gracilis Bl.*

β. Knospenlage der Blätter gedreht (convolutiv).

aa) Laubtriebe nur aus den unterhalb der Knolle vorhandenen Niederblattachseln hervorbrechend.

αα. Alle Triebe gleich: *Cœlogyne testacea Ldl.*

ββ. Zweierlei Triebe — die einen mit Laubblättern ohne Blüthenstand, die anderen mit verkümmerten Laubblättern und Inflorescenz: *Cœlogyne cristata Ldl.*

bb) Laubtriebe durch Verschiebung auf die Spitze der Knolle gelangend: *Cœlogyne (Pholidota) articulata Rchb.*

B. Formen ohne Laubblätter, bleich gelb oder röthlich. Inflorescenz endständig.

1. Pflanze kletternd, mit verlängerten Internodien: *Galeola altissima Rchb.*
2. Pflanze aufrecht, mit echten Wurzeln: *Neottia nidus avis L.*
3. Pflanze aufrecht, wurzellos: *Epipogon Gmelini Rich.*

Zur Wirkung des Curare.

Von J. **Steiner.**

(Im Auszuge mitgetheilt.)

Die rasche Lähmung der intramuskulären Nervenenden durch das Curare ist und wird von allen Seiten anerkannt; ob auch die motorischen Nervenstämme gelähmt werden, ist bisher immer noch bezweifelt worden. Bezold's myographische Versuche hatten zwar eine Verzögerung der Leitung in den motorischen Stämmen nachgewiesen, aber es war nicht unmöglich, dass diese Verzögerung Folge der Anämie ist, in welche die Stämme gerathen, wenn durch Gefässunterbindung die Blutzufuhr von dem betreffenden Beine abgeschnitten war. Entsprechende Kontrollversuche ohne Vergiftung mussten deshalb erst den Einfluss jener Anämie auf die Leitung der Erregung feststellen, wenn die Bezold'schen Versuche beweiskräftig bleiben sollten.

Es gibt indess noch eine andere Methode, um eine etwaige Alteration auch der Nervenstämme durch das Gift nachzuweisen; das ist die Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Schwankung, einer Function, welche mit dem Vorgange der Erregung durchaus identisch ist.

Die Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Schwankung geschieht mit Hülfe des Rheotoms von Bernstein, das für unsere Zwecke in der vom Erfinder angegebenen Weise gehandhabt worden ist.

Nachdem die mit 0,05 Gramm Curare vergifteten Frösche (subkutane Injektion des Giftes) circa 4 Stunden in der feuchten Kammer

gelegen hatten, begann der Versuch, um die Geschwindigkeit der negativen Schwankung in den Hüftnerven zu bestimmen. Unerwarteter Weise fand ich nun eine Geschwindigkeit von 28 Meter in der Sekunde, vollkommen gleich also mit den Bestimmungen von Bernstein für den normalen Froschnerven. Dagegen ergab sich bei weiterer Untersuchung, dass die Dauer der negativen Schwankung in den vergifteten Nerven erheblich verlängert war. Bezeichnet man die Dauer mit ϑ, so fand ich dafür folgende Werthe:

Versuch	ϑ
I.	0,00143 Sekunden,
II.	0,00120 „
III.	0,00120 „
IV.	0,00156 „

also ϑ = 0,00134, während die Dauer von ϑ im normalen Nerven = 0,00070—0,00080 Sek. beträgt.

Was lässt sich aus der Verlängerung der Dauer der negativen Schwankung folgern? Zunächst ist zu bemerken, dass der Hüftnerv ein gemischter Nerv ist, insofern als er aus motorischen und sensiblen Nervenfasern zusammengesetzt ist. Da sich die negative Schwankung doppelsinnig fortpflanzt, so ist die negative Schwankung, welche man bei Reizung des Hüftnerven erhält, offenbar die Summe der Schwankungen aus den motorischen und sensiblen Fasern. Nun aber wissen wir aus früheren Versuchen, dass sicher die motorischen Nervenenden in den Muskeln zu einer Zeit gelähmt sind, wo es die sensiblen nicht sind, und dass, da die Lähmung wohl von der Peripherie aufsteigt, wenn überhaupt eine Lähmung der Stämme jemals eintritt, die der motorischen Fasern früher wird eintreten müssen, als in den sensiblen Nerven. Wenn dieser Fall nun wirklich eintritt, so wird das Rheotom offenbar eine normale Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Schwankung bieten können, ohne indess damit auszusagen, dass beide Faserarten intakt sind. Wenn wir nun neben normaler Fortpflanzungsgeschwindigkeit eine grössere Dauer der Schwankung finden, so heisst das offenbar, dass eine Faserart — und nach unserer obigen Auseinandersetzung können es nur die sensiblen Fasern sein —,

dass also die sensiblen Fasern intakt sind, während die Geschwindigkeit in den motorischen Fasern verzögert ist und sich um die Zeit der Verzögerung der Schwankung der sensiblen Fasern anschliesst, sodass die Dauer der Schwankung des Hüftnervenstammes vergrössert sein muss.

Hiermit glaube ich also den Nachweis geliefert zu haben, dass 4 Stunden nach der Vergiftung die Leitung der Schwankung in den motorischen Nervenfasern reducirt ist, und zwar auf einen Werth, der sich leicht berechnen lässt aus der Geschwindigkeit der Leitung im Hüftnervenstamme, ihrer Dauer und der normalen Dauer der Schwankung. Bezeichnet man die Geschwindigkeit mit G, so bekommt man folgende Werthe:

Versuch	G
I.	18,3 Meter,
II.	18,9 „
III.	18,9 „
IV.	15,2 „ .

Da die Leitung der Erregung und die der negativen Schwankung im Nerven identische Vorgänge sind, so beweist unser am Rheotome gefundenes Resultat die Richtigkeit auch der myographischen Versuche von v. Bezold. Andrerseits erhalten wir hierdurch einen weiteren Beweis für die Identität der Erregung und der negativen Schwankung im Nerven. — Unerwarteter Weise bietet nun das Rheotom die weitere Möglichkeit und offenbar den einzigen Weg, um auch das Verhalten der sensiblen Nervenfasern während der Vergiftung mit Curare untersuchen zu können. Denn finden wir jemals im Hüftnervenstamm selbst eine Herabsetzung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwankung, so muss man nothwendigerweise daraus folgern, dass dann auch die sensiblen Nervenfasern angegriffen sind.

In den folgenden Versuchen, welche die specielle Untersuchung der sensiblen Fasern beabsichtigten, erhielten die Frösche 0,033 Gramm des Giftes und blieben 24 Stunden in der feuchten Kammer liegen. Nach dieser Zeit in derselben Weise wie oben untersucht, fand ich für G des Hüftnerven folgende Werthe:

Versuch	G
I.	22,666 Meter,
II.	22,666 „
III.	21,666 „
IV.	19,411 „
V.	23,846 „ .

Es ist also G herabgesetzt; das heisst aber, dass nun auch die sensiblen Fasern in ihrer Leitungsfähigkeit beeinträchtigt sein müssen. Da auch D immer noch vergrössert gefunden wurde, so muss man folgern, dass um diese späte Zeit noch immer keine totale Lähmung in den motorischen Fasern eingetreten ist, wodurch weiterhin wahrscheinlich gemacht wird, dass in den motorischen Nerven die Affection niemals zu einer totalen Lähmung führt.

Es werden also durch das Curare sowohl motorischer, wie sensibler Nerv afficirt; dass die Affection später in den letzteren eintritt, ist kein principieller Unterschied. Hiermit ist nun ein letzter Einwand gegen die Identität von motorischen und sensiblen Nervenfasern aus dem Wege geräumt.

Die Zinkerz-Lagerstätten von Wiesloch (Baden).

Von Dr. **Adolf Schmidt,**
Dozent an der Universität Heidelberg.

Einleitung.

Die kleine badische Amtsstadt Wiesloch liegt an der südwestlichen Ecke des Odenwaldgebirges, 12 km. südlich von Heidelberg, und somit auch vom Neckarfluss, welcher das Gebirge von Ost nach West durchschneidet und bei Heidelberg die Rheinebene erreicht.

Das Hauptmassiv des Odenwalds liegt nördlich vom Neckar und besteht aus grossentheils an Hornblende reichen, granitischen Gesteinen, an welche sich nach Süden hin ein dünner Streif von Dyasschichten und sodann der mächtig entwickelte Buntsandstein anlegt, in welchem dort hauptsächlich das Neckarbett eingeschnitten ist. Der Buntsandstein zeigt ein schwaches Einfallen nach Süden und ist bei Nussloch, etwa 9 km. südlich von Heidelberg, von dem Muschelkalk conform überlagert. Der Muschelkalk erstreckt sich von da südlich bis Wiesloch und enthält in seiner oberen Abtheilung die Wieslocher Zinkerzlagerstätten. Diese liegen, wie die der vorliegenden Arbeit beigegebene Uebersichtskarte (Taf. IX) zeigt, einerseits zwischen Wiesloch und Nussloch, am westlichen der Rheinebene zufallenden Gebirgsabhang, andrerseits östlich von Wiesloch, zwischen Alt-Wiesloch und Baierthal, im Gebirge, und zwar hauptsächlich im sogenannten „Kobelsberg". Man unterscheidet daher zwei getrennte Abbaufelder, nämlich das westliche oder „Hesselfeld" und das östliche oder „Baierthaler Feld", welches letztere den Kobelsberg einschliesst.

Die „Hessel“ oder „Hässel“ heisst ein sich von Wiesloch nach Norden ziehender hügeliger Landstrich, welcher dort das breite Rheinthal nach Osten begrenzt, nach Norden allmählich ansteigt und in dem etwa 120 m. über die Rheinebene und mehr als 240 m. über den Meeresspiegel sich erhebenden „Ludwigsberg“ unweit Nussloch gipfelt. Hier befinden sich sämmtliche Baue aus früheren Jahrhunderten, sowie die jetzt noch in Betrieb befindlichen der Altenberger Gesellschaft, genannt „Actiengesellschaft «Vieille Montagne» für Bergbau und Zinkhüttenbetrieb“.

Der „Kobelsberg“ im Baierthaler Feld liegt mit seinem Gipfel 229 m. über dem Meere, 2 km. von der Rheinebene ab, zwischen dem Ludwigsberg und dem Dorfe Baierthal. In seinen ziemlich steil abfallenden südwestlichen Abhängen, in der Nähe von Alt-Wiesloch, befinden sich die Erzlagerstätten, auf welchen früher die „Badische Zinkgesellschaft“ Abbau trieb, und welche jetzt der „Rheinisch-nassauischen Bergwerks- und Hütten-Actiengesellschaft zu Stolberg bei Aachen“ angehören.

Ueber die Wieslocher Lagerstätten sind schon früher einige Arbeiten erschienen, nämlich:

„Das Vorkommen des Galmeis bei Wiesloch.“ Inaugural-Dissertation von Dr. Gustav Herth. Heidelberg. 1851. Broschüre.

„Ueber die Umgegend von Wiesloch“ von C. Holzmann in G. Leonhard's „Beiträge zur mineralogischen und geognostischen Kenntniss des Grossherzogthums Baden“. Heft I. 1853. p. 69.

„Ueber das Vorkommen des Galmeis bei Wiesloch“ von O. Hoffinger; ebenda. p. 75.

„Ueber das Alter des Wieslocher Bergbaus“ von Rohatzsch, im „Bergwerksfreund“ XVI. Nr. 20; auch abgedruckt in Leonh. Beitr. Heft II. p. 111.

Ferner finden sich Bemerkungen über den Wieslocher Bergbau in dem Aufsatz „Zur Geschichte des Bergbaus in Baden“ von G. Leonhard, in Leonh. Beitr. Heft III. p. 121. Endlich ist zu erwähnen eine ausführlichere Abhandlung, betitelt:

„Die Galmeilagerstätten der Umgegend von Wiesloch“ von Carl

Clauss; gedruckt im „26. Jahresbericht des Mannheimer Vereins für Naturkunde". 1859. p. 36.

Seit der Veröffentlichung der letztgenannten Arbeit, also seit mehr als 20 Jahren, ist Nichts mehr über den Gegenstand erschienen. Seitdem hat aber der dortige Bergbau eine bedeutende räumliche Ausdehnung genommen, und es sind neue Aufschlüsse gemacht worden, welche auch auf die früher bekannten ein neues Licht zu werfen geeignet sind. Hiezu rechne ich ganz vorzugsweise die Auffindung grösserer Massen von Zinkblende, welche früher bei Wiesloch fast gar nicht vorkam, in den neueren Bauen im Kobelsberg.

Ich will daher im Folgenden die Zinkerzlagerstätten bei Wiesloch von Neuem einer Besprechung unterziehen, und zwar nach demselben Plane, welchen ich in meinen früheren Abhandlungen über ähnliche Gegenstände befolgt habe, mit folgender Eintheilung des zu behandelnden Gegenstandes.

Eintheilung.

A. Die Mineralien und Erze.

B. Geognostische Verhältnisse.

C. Beschreibung der Lagerstätten.

D. Entstehung der Lagerstätten.

E. Geschichte des Bergbaus.

Einen grossen Theil des Materials zu den Abschnitten B, C und E verdanke ich der gütigen Unterstützung der beiden Bergbau-Gesellschaften und ihrer Beamten, insbesondere des Bergwerks-Direktors C. Pörting in Immekeppel bei Bensberg, des Direktors Wilhelm Fischer in Bensberg, des Inspektors Otto Hoffinger und Obersteigers Häuser, beide in Wiesloch. Wichtige Mittheilungen über den früheren Bergbau erhielt ich ausserdem von den Herren Philipp Bronner in Wiesloch, Friedrich de Nesle in Mannheim und A. C. L. Reinhardt in Schwetzingen.

Zur Vervollständigung des mineralogischen Theils hat es wesentlich mit beigetragen, dass mir die Herren Bronner und Häuser in Wiesloch, sowie die dortige Schulverwaltung die Benützung ihrer reichhaltigen Spezialsammlungen, und Herr Professor Rosenbusch

die der Heidelberger akademischen Sammlung gestattet haben. Den Herren Professoren Benecke und Cohen in Strassburg verdanke ich die Einsichtnahme des Manuskripts des vor Kurzem erschienenen II. Hefts ihrer „Geognostischen Beschreibung der Umgegend von Heidelberg“.

Einen Theil der für die vorliegende Arbeit nothwendigen chemischen Analysen hat die Rheinisch-nassauische Gesellschaft für mich ausführen lassen, theils in ihrem Centrallaboratorium durch Herrn H. Jammes, theils in ihrem Laboratorium zu Bensberg durch Herrn C. Zörnig. Für die von mir selbst ausgeführten chemischen Untersuchungen hat mir Herr Professor Stengel dahier sein Laboratorium zur Verfügung gestellt.

A. Die Mineralien und Erze.

In den Wieslocher Erzlagerstätten treten folgende Mineralien auf:

1. Zinkblende.
2. Bleiglanz.
3. Markasit.
4. Zinkspath.
5. Zinkblüthe.
6. Brauneisenerz.
7. Eisenoker.
8. Pyrolusit.
9. Cerussit.
10. Pyromorphit.
11. Bleivitriol.
12. Antimonoker.
13. Schwerspath.
14. Gyps.
15. Kalkspath.
16. Bitterspath.
17. Realgar.
18. Thon.

1. Zinkblende.

Die Zinkblende, welche bei Wiesloch fast nur im südlichen Theil der Baue im Kobelsberg vorkommt, dort aber eine reiche Lagerstätte bildet, erscheint fast nie deutlich krystallisirt. An einem einzigen der mir vor Augen gekommenen Stücke konnte ich braune mikroskopische Kryställchen erkennen von der Combination O, ∞O∞, ∞O. Im Allgemeinen zeigt sie sich nur derb mit theils kryptokrystallinem, theils phanerokrystallinem Gefüge.

a) Kryptokrystalline Blende.

Mineralogische Beschreibung. Die kryptokrystalline Blende ist, der Menge nach, die weitaus überwiegende. Sie ist bald aphanitisch, bald undeutlich körnig oder „steinig" ausgebildet und ganz undurchsichtig. Der Bruch ist halbmuschlig bis uneben, glanzlos; die Härte = 4, an frischen Stücken bisweilen etwas höher. Die Farben sind sehr verschieden, hauptsächlich isabellgelb, rothbraun, dunkelgrau, mit allen Uebergängen zwischen diesen Farben. Der Strich auf Porzellan zeigt dieselben Farben etwas heller. Auch der Ritz mit dem Messer ist entsprechend gefärbt, aber stets mehr oder weniger wachsartig glänzend. Diese kryptokrystalline Blende tritt bei Wiesloch nie anders auf als mit ausgezeichnet lagenförmigem Aufbaue und wird als „Schalenblende" bezeichnet. Sie steht derjenigen von Raibl in Kärnthen, welche insbesondere Kersten in Pogg. Ann. Neue Folge. Bd. LXIII. p. 132. genauer beschrieben hat, sehr nahe.

Die Wieslocher Schalenblende besteht aus vielen sehr dünnen, oft papierdünnen, gewellten und verschieden gefärbten Lagen von kryptokrystalliner Blende. Von den Lagen gehen gewöhnlich 10 bis 15 auf 1 cm. Dicke. Die meisten und besonders die dicksten Lagen besitzen gelbe und braune Färbungen in allen Abstufungen zwischen graugelb und röthlichbraun, bald dunkler bald heller, ohne regelmässige Abwechslung. Dazwischen sind einzelne dünne Lagen von dunkelgrauer bis schwarzer Farbe und grauem Strich. Die Lagen schliessen meist dicht aneinander an mit etwas verschwommener Begrenzung und haften so fest aneinander, dass die ganze Masse beim Zerschlagen sich nicht

nach den Lagen ablöst, sondern mit halbmuschliger Oberfläche quer durch die Lagen bricht. Dies bezieht sich indessen nur auf die frische Blende. Hat aber ein Stück Jahre lang an der Luft gelegen, so wird es nicht allein rauher von Ansehen und blasser von Farbe, sondern es zeigt dann auch mehr oder weniger starke Neigung, sich nach den gewellten Lagen, also „schalig" abzulösen, und dann erst fängt diese Blende an, den Namen „Schalenblende" zu verdienen.

Sehr kleine, theils mikroskopische, theils mit freiem Auge noch erkennbare, drusige Hohlräume, welche sich häufig in der Blendemasse finden, sind stets mit Bleiglanzkryställchen ausgekleidet oder erfüllt. Ausserdem füllt Bleiglanz nicht selten in gewissen dickeren und körnigen Lagen vorhandene, scharf begrenzte Lücken, welche die bei ihrer Bildung in krystalliner Form sich anlagernde Blende zwischen ihren Körnern gelassen hat. Die Gestalt der kleinen Bleiglanztheilchen lässt oft das Unten und das Oben erkennen, indem der untere Theil den unregelmässig zackigen Krystallisationslücken der Blende entspricht, während der obere rechtwinklige Durchschnitte zeigt, gemäss der nach Oben freien, krystallinen Ausbildung des Bleiglanzes. Dies beweist, dass sich zwischen der Blende abwechselnd Bleiglanz abgesetzt hat, was auch dadurch bestätigt wird, dass der Bleiglanz bisweilen dünne zusammenhängende Lagen in der Blende bildet. An manchen etwas verwitterten Stücken sind die Bleiglanztheilchen herausgefallen oder auf andere Weise entfernt worden, so dass nun an solchen Stücken sich zackig begrenzte Zwischenräume zwischen zwei Blendelagen befinden. Dass diese Räume früher mit Bleiglanz erfüllt gewesen, erkennt man einerseits an der Gestalt der in der oberen der beiden angrenzenden Blendelagen gelassenen Eindrücke, andrerseits daran, dass, wenn man ein solches Stück durchschlägt, der Bleiglanz im Innern desselben oft noch erhalten ist.

Auch dünne Lagen, bis etwa $^1/_2$ mm. stark, von reinem Markasit, zum Theil von fasrigem Gefüge, finden sich gelegentlich in der Schalenblende, concordant eingelagert.

Die Schalenblende bleibt auch in ziemlich dünnen Schliffen undurchsichtig. Eigentliche Dünnschliffe sind wegen überaus bröckliger

Natur des Materials nicht herzustellen. Dünne Splitter sind ganz undurchsichtig. In sehr feinem Pulver, in Canadabalsam eingelegt, finden sich, insbesondere nach vorherigem Erhitzen auf 400 bis 500°, zwischen dem im Allgemeinen auch hier undurchsichtig bleibenden Material, zahlreiche einzelne durchscheinende bis durchsichtige Körnchen, theils farblos, theils röthlichgelb, oder röthlichbraun, theils grünlichgelb, aber stets etwas getrübt durch feine, schwarz erscheinende, oder rothbraune Interpositionen und durch zahlreiche, unregelmässig verlaufende Sprünge und Risse. Diese durchscheinenden Theile zeigen sich zwischen zwei Niccols ohne Ausnahme isotrop. Wir haben es daher mit der gewöhnlichen tesseralen Blende zu thun, eine Thatsache, auf welche uns schon die Eingangs dieser Beschreibung erwähnte Krystallisationsform hingewiesen hat. Breithaupt (Berg. u. hm. Ztg. XXII. 25) und Reuss (Sitzungsb. d. Wien. Akad. XLVII. 1, 13) halten die strahlige Schalenblende für hexagonal, d. i. Wurtzit. Andrerseits erwähnt Breithaupt (Journ. f. pr. Chem. 1838. Bd. 15. p. 334) der „schaligen dodekaëdrischen Zinkblende“, welche er ebenda (p. 334) auch als „Schalenblende“ bezeichnet.

Arten des Vorkommens. Die wie beschrieben beschaffene Schalenblende tritt nun in zweierlei Formen auf:

1. ebenlägig: die Lagerung ist horizontal und die Lagen, obgleich kleinwellig, doch im Ganzen genommen über fast ebene Flächen ausgebreitet, und, trotz ihrer Dünne, auf nach ganzen Metern zu bemessende Entfernungen zusammenhängend und von annähernd gleichbleibender Beschaffenheit. Zu oberst liegt an vielen Stellen eine 1 bis 3 cm. dicke Lage von Bleiglanz, nach Oben frei auskrystallirt, und selbst wieder theilweise überdeckt von einem später zu beschreibenden, phanerokrystallinen Gemenge von Blende und Kies;

2. stalaktitisch: ein bedeutender Theil der aufgefundenen Schalenblende ist in Gestalt grosser Stalaktiten, bis zu 15 cm. dick und nicht selten 30 bis 40 cm. lang. Gefüge und Farben sind vollkommen identisch mit denen der ebenlägigen Blende. Auch hier kommen dünne Lagen von Bleiglanz und von Eisenkies vor, sowie zu äusserst eine dicke, unregelmässige Lage oder häufiger einzelne grosse Krystalle

von Bleiglanz. Der Bleiglanz ist meist wieder von einer dickeren Lage von phanerokrystalliner Blende theilweise oder ganz überzogen. Manche dickere Stalaktiten sind ausnahmsweise aus vielen dünnen zusammengesetzt, die in eine gemeinschaftliche Hülle aus demselben Stoffe eingeschlossen sind. Gewöhnlich aber bestehen auch die dickeren nur aus je einem Individuum.

Die meisten dieser Stalaktiten besitzen in ihrem dickeren Theile einen Kern von theilweise zersetztem Markasit. Oft besteht das ganze dickere Ende derselben aus Zersetzungsprodukten von Kiesen. Diese Beobachtung erklärt die seltsame Thatsache, dass die Stalaktiten fast nur lose im Thon liegend, nicht etwa am Gestein anhaftend, gefunden werden. Der Markasit war die älteste und ursprünglich unmittelbar am Gestein anliegende Bildung, an welche sich erst die Blende ansetzte. In Folge der späteren Zersetzung des Kieses mussten sich daher die Stalaktiten vom Gestein loslösen. Beim langsamen Niedersinken durch den Thon haben sie sich fast alle mit ihrem oberen schwereren Theile nach Unten gekehrt, und werden in dieser Stellung aufgefunden.

Chemische Zusammensetzung. Die Wieslocher Schalenblende war bisher noch nie analysirt worden. Auf meinen Wunsch hat die Rheinisch-nassauische Gesellschaft in ihrem Centrallaboratorium zu Stolberg durch Herrn H. Jammes eine sorgfältige Analyse ausführen lassen, welche folgendes Resultat ergeben hat:

Zn	51·75
Pb	16·47
Fe	0·37
Cd	0·07
S	27·76
Sb	2·68
Al_2O_3	0·10
Unlöslich	0·42
	99·62.

Nach Angabe des Herrn Directors Fischer, welcher das Material

zu dieser Analyse zu liefern die Güte hatte, enthielt dasselbe ungewöhnlich viel eingemengten Bleiglanz, woraus sich der hohe Pb-Gehalt erklärt. Die ganz hellfarbigen Lagen der Schalenblende, welche allerdings schwierig abzusondern sind, enthalten sehr wenig Pb, und auch dieses wenige dürfte von den oft vorkommenden mikroskopischen Bleiglanzdrusen herstammen.

Der gefundene S genügt nicht zur Sättigung der gefundenen Mengen von Zn, Pb, Fe, von dem Sb ganz abgesehen. Zieht man aber die dem Zn und Fe entsprechende S-Menge von der gefundenen ab, berechnet sodann die dem S-Ueberschuss entsprechende Pb-Menge und zieht letztere von der ganzen Pb-Menge ab, so verbleibt ein Ueberschuss an Pb, welcher mit dem gefundenen Sb ziemlich genau einer Verbindung Pb Sb entspricht. Es erscheint daher sehr wahrscheinlich, dass das Sb dem Bleiglanz zugehört und in demselben, wie in manchen andern Bleiglanzen, einen Theil des S vertritt.

Eliminirt man demgemäss aus der obigen Analyse Pb, Sb und den zur vollständigen Sättigung des Pb noch nöthigen Theil des S, so ergibt sich die eigentliche Blendemasse als zusammengesetzt aus:

		In Procenten.
Zn . . .	51·75	66·06
Fe . . .	0·37	0·46
Cd . . .	0·07	0·09
S	25·61	32·70
Al_2O_3 . .	0·10	0·13
Unlöslich .	0·42	0·53
	78·32	99·97.

Das analysirte Material bestand also aus ungefähr 78·3 % Blende und 21·7 % Bleiglanz. Ein Theil des geringen Fe-Gehaltes könnte möglicherweise dem Bleiglanz zugehören.

Verhalten beim Erhitzen. Bei vorsichtigem Erhitzen ganzer Stücke von Schalenblende bis zu schwacher Rothgluth entwickelt dieselbe empyreumatische Gerüche, und es gehen in derselben bleibende Veränderungen vor, welche sich unter dem Mikroskop beobachten lassen. Die rohe Blende, welche dem freien Auge glanzlos erscheint,

zeigt im frischen Bruch unter dem Mikroskop im reflectirten Licht einen wachsartigen Glanz, ähnlich demjenigen, welcher schon makroskopisch im Ritz bemerkbar ist. Beim Erhitzen verschwindet dieser Glanz stellenweise. Dabei entwickelt sich zuerst, bei nur etwa 400°, ein schwacher, trocken-aromatischer, später ein fettiger oder öliger Geruch, ohne dass dabei ein bemerkbares Destillat auftritt. Bei der hellgefärbten Blende überwiegt der aromatische, bei der schwarzgrauen der fettige Geruch. Gleichzeitig treten bleibende Farbenveränderungen ein. Die gelben und braunrothen Blendelagen werden trübe und grau, jedoch so, dass die einzelnen Lagen theils durch noch schwache Reste der Färbungen, theils durch blosse Lichtschattirungen erkennbar bleiben. Dass die Entfärbung nicht etwa von oberflächlicher Oxydation herrührt, geht daraus hervor, dass die Veränderung schon weit unterhalb der Rothgluth, und nicht allmählich, sondern fast plötzlich eintritt, dass haselnussgrosse Stücke, durch Erhitzen entfärbt und dann zerschlagen, sich auch im Innern verändert zeigen, dass endlich eine Bildung von Zinkoxyd selbst unter dem Mikroskop nicht zu erkennen ist. Die isabellgelbe Farbe verschwindet meist vollkommen, die braunrothe dagegen niemals ganz. Letztere scheint daher hauptsächlich von einem Eisengehalt herzurühren.

Die schwarzgrauen Lagen, die sich in rohem Zustand unter dem Mikroskop als innige Gemenge erweisen von graugelber Blende mit einer schwarzen Masse, in welcher fein vertheilter krystalliner Bleiglanz erkennbar ist, werden nur wenig lichter als vorher und bleiben die dunkelsten; ihr Strich bleibt dunkelgrau.

Ausserdem wird die Blende beim Erhitzen stellenweise drusig-porös, besonders auffallend in der Nähe des Bleiglanzes, welcher zum Theil selbst löcherig wird. Mikroskopische Drusenräume, welche vorher mit schwarzer Masse angefüllt erschienen, zeigen sich nach dem Erhitzen mehr oder weniger entleert und mit Bleiglanzkryställchen oder mit einem theils matten, theils glänzenden schwarzen Ueberzug dünn ausgekleidet. Diese letzteren Erscheinungen treten vorzugsweise in den schwarzgrauen Lagen auf, aus welchen an manchen Stellen sogar der grössere Theil der ganzen Masse verschwindet. Bisweilen fallen dabei

lose, mikroskopische Bleiglanzkryställchen aus, welche vorher in der bei der Erhitzung verflüchtigten Substanz mussten eingeschlossen gewesen sein.

Zu obigen Veränderungen tritt noch eine weitere im mechanischen Verhalten der Blende. Während frische Blende stets nur quer zu ihren Lagen bricht, ist die erhitzte, ähnlich wie die etwas verwitterte, geneigt, parallel zu den Lagen zu spalten, und, wenn man das Erhitzen zu rasch ausführt, springen oft zuerst einzelne Lagen auseinander, und einen Augenblick später verknistert bisweilen die Blendemasse selbst in kleine eckige Stückchen, was bei vorsichtigem Erhitzen nicht eintritt. Das Verknistern in Stücke zeigt sich hauptsächlich bei solchen Blendetheilen, welche in höherem Grade als die übrigen beim Erhitzen matt und löcherig werden und einen mehr fettigen Geruch entwickeln. Der Glanz, der beim Ritzen mit dem Messer auftritt, geht der Blende durch Erhitzung, ja selbst durch längeres Glühen selten ganz verloren. Es scheint mir daher nicht wahrscheinlich, dass derselbe durch diejenigen Stoffe verursacht sei, welche sich bei Erhitzung verflüchtigen. Allerdings wäre es denkbar, dass diese Stoffe sich nur zersetzen und glänzende Rückstände in feiner Vertheilung hinterlassen, wie dies nach Obigem in den kleinen Hohlräumen thatsächlich zu beobachten ist. Allein der schwarze, zum Theil glänzende Ueberzug in den Hohlräumen könnte auch Schwefelblei sein, und da auch andere natürliche Schwefel-, wie auch Chlorverbindungen in Folge ihrer Geschmeidigkeit im Ritze glänzend erscheinen, so mag auch bei Blenden ein wenn auch nur geringer Grad dieser Eigenschaft die Ursache des Glanzes sein.

Ich habe mir viele Mühe gegeben, die beim Erhitzen aus der Blende entweichenden Stoffe zu isoliren. Allein dieselben scheinen zu gering an Gewicht zu sein und zu schwer kondensirbar; denn ich bin dabei zu handgreiflichen Resultaten nicht gelangt. Eine längere Behandlung mit Wasser, mit Aether, mit Terpentinöl, theils mit, theils ohne Anwendung von Wärme, erzeugte keine auch nur mikroskopisch erkennbare Veränderung, ebensowenig eine messbare Gewichtsverminderung, und die so behandelte Blende verhält sich nach sorgfältiger Reinigung beim Erhitzen wie die frische. Beim Erhitzen von 16 gr. getrock-

neten Blendepulvers wurden als Destillat nur einige Wassertropfen erhalten, mit einem ziemlich penetranten, etwas aromatischen Geruch, welchen die Glasröhre nach dem Verdunsten des Wassers einige Wochen lang beibehielt. Da beim Erhitzen von Stücken so scharfe Gerüche nie auftraten und andrerseits gepulverte Blende schon bei geringer Erhitzung etwas schweflige Säure entwickelt, so ist zu vermuthen, dass der bei diesem Versuch aufgetretene penetrante Geruch von einer schwefligsauren Verbindung herrührte. Mit dem von reiner schwefliger Säure hatte derselbe keine Aehnlichkeit. Durch scharfes Glühen erleidet die Schalenblende einen Gewichtsverlust von höchstens 0,67 %.

Aus allen angestellten Versuchen geht hervor:

a) dass die Wieslocher Schalenblende geringe Mengen flüchtiger Stoffe, wahrscheinlich organischer Natur und vielleicht zu den mineralischen Oelen gehörig, eingeschlossen enthält;

b) dass diese Stoffe sich vorfinden, theils in äusserst feinen Poren und Kanälen zwischen den mikroskopischen Blendekörnern (Ursache des Zerbröckelns der Dünnschliffe), theils in grösseren, zum Theil schon mit der Loupe erkennbaren Hohlräumen, theils zwischen einzelnen Lagen und letztere zusammenkittend (daher tritt die Parallelspaltung erst nach dem Erhitzen oder Verwittern auf);

c) dass diese Stoffe, oder die durch ihre Zersetzung beim Erhitzen entstehenden, sich unterscheiden lassen als:

1. sehr leicht flüchtige, schon bei etwa 400° C. entweichende, trocken aromatisch riechende, welche die hellgelbe Farbe der Blende zu bedingen scheinen, sowie auch die Lebhaftigkeit und Klarheit der übrigen Farben, und als

2. weniger leicht, doch immerhin unterhalb Rothgluth sich verflüchtigende, dabei fettig riechende Stoffe, welche zwischen manchen Blendelagen und in mikroskopischen Drusenräumen und Spalten vorzugsweise als Begleiter des Bleiglanzes auftreten und das Verknistern und Löcherigwerden der Blende beim Erhitzen veranlassen.

Erhitzungsversuche mit anderen Blenden. Im Anschluss an obige Versuche habe ich einige Zinkblenden von anderen

Fundorten geprüft, z. B. schwarze, grosskrystalline Blende von Freiberg (Sachsen); dunkelbraune und grosskrystalline von Pribram (Böhmen); durchscheinende, grüne, körnige Blende, sowie auch fast durchsichtige, gelbgrüne Krystalle von Granby (Missouri). In allen Fällen entwichen beim Erhitzen riechende Gase. Bei den dunklen Blenden war der Geruch mehr fettig oder ölig und die Masse verknisterte zu kleinen Stücken, änderte aber kaum ihre Färbung. Die Licht durchlassenden, grünen Blenden entwickelten einen mehr trocken aromatischen Geruch, zersprangen wohl mit Heftigkeit in mehrere Stücke, ohne jedoch klein zu zerknistern, und die Farben wurden verändert. Die gelbgrünen, durchsichtigen Krystalle von Missouri wurden klarer und glänzender und nahmen eine sehr schöne, pomeranzengelbe Farbe an, welche bei fortgesetzter und schliesslich auf Rothgluth gesteigerter Hitze sich nicht weiter veränderte, ein Beweis dafür, dass der gelbe Farbstoff der Blenden nicht immer flüchtiger Natur ist. Cadmium vermochte ich in dieser Blende keines nachzuweisen, dagegen eine nicht unbedeutende Menge von Eisen.

Bei keiner der untersuchten Blenden reagirten die entweichenden Gase auf Lackmuspapier. Bei einigen mit fettem Geruch waren schwache Dämpfe sichtbar und ein kaum erkennbarer, fleckiger Beschlag, welcher beim Erhitzen unter Abgabe desselben Geruchs verdampfte oder schon nach wenigen Minuten von selber verschwand. Dass sich auch dann, wenn nichts dergleichen sichtbar wird, ein wenn auch sehr geringes Destillat bildet, dürfte daraus hervorgehen, dass die Gläser, in welchen solche Erhitzungsversuche vorgenommen wurden, meist längere Zeit einen schwachen Geruch beibehalten.

Erhitzungsversuche mit gepulvertem Material führen fast nie zu einem deutlichen Resultat, weil sich da sofort etwas schweflige Säure entwickelt, deren scharfer Geruch die Beobachtungen stört oder gänzlich verhindert, vielleicht auch ein Theil der flüchtigen Stoffe schon vorher beim Pulvern entwichen ist.

Kiesblende. An einzelnen Stellen im Wieslocher Blendelager ist eine dunkel grünlichgraue bis grauschwarze, kryptokrystalline Blende von grauschwarzem Strich, in derben, knolligen Massen gefunden worden.

Sie enthält viele unregelmässig gestaltete kleine Hohlräume, welche, wie das Mikroskop zeigt, mit einem krystallisirten Kies dünn ausgekleidet sind. Bei starker Vergrösserung sieht man feine Kiesschnürchen und einzelne Kieskryställchen auch in der scheinbar homogenen Hauptmasse. Eine Analyse des Herrn H. Jammes, Chemiker der Rhein.-nass. Gesellsch., ergab:

Zn	37·75
Pb	0·46
Fe	17·06
Mn	0·61
Cd	—
Al_2O_3	keine löslich
$CaCO_3$	0·89
S	38·47
As	1·53
Sb	—
Unlöslich	1·96
	98·73.

Das Ganze besteht hiernach in der Hauptsache aus etwa 56·3 ZnS, 36·6 FeS_2, 2·2 As_2S_2.

Wenn man die Masse pulvert, so zerreibt sich die Blende zu einer äusserst feinen, etwas fettigen und fast salbenartigen, grauschwarzen Masse, während der härtere Kies gröber bleibt und unter dem Mikroskop als gelblichweisse Körner erkannt wird. Durch nachheriges Schlämmen lassen sich beide Bestandtheile in der Hauptsache mechanisch von einander trennen und ergeben dabei annähernd obige Gewichtsverhältnisse von Blende (ZnS) und Kies (FeS_2).

Das Ganze ist daher, wenngleich dem Auge homogen erscheinend, nur als ein sehr inniges Gemenge von Zinkblende mit As-haltigem Eisenkies zu betrachten. Da die erwähnten Hohlräume häufig mit weissem, As-haltigem Eisensulfat erfüllt sind, so lässt sich hieraus auf die leichte Zersetzbarkeit des Kieses schliessen, woraus sich wieder vermuthen lässt, dass derselbe Markasit sei.

Die Knollen dieser unreinen Blende sind in den mir bekannten Stücken mit dünnlagiger Schalenblende überzogen, stellenweise ohne scharfe Grenze, mit anscheinend allmählichem Uebergang aus der einen Masse in die andere.

b) Phanerokrystalline Blende.

Während die kryptokrystalline Schalenblende die Hauptmasse der Wieslocher Blendeablagerung bildet, tritt die phanerokrystalline Blende nur in untergeordneter Menge auf. Sie zeigt keinen dünnlagenförmigen, sondern stets massigen Aufbau und bildet meist einen in sich gleichartigen, 5 bis 20 mm. dicken Ueberzug über der Schalenblende, ist daher jüngerer Entstehung als letztere. Sie tritt in zwei Varietäten mit wesentlich verschiedenen Eigenschaften auf. Beide sind dunkel gefärbt, die eine ist grau und durchscheinend, die andere undurchsichtig, schwarz und mit Kies vermengt (phanerokrystalline Kiesblende).

Die graue krystalline Blende erscheint dem unbewaffneten Auge als körnig, stellenweise zu faseriger Ausbildung geneigt, dunkelgrau, mit dunkel pomeranzgelben Partieen, in dünnen Splittern gelb durchscheinend. Der Strich ist bisweilen fast kreideweiss, häufiger graulichweiss oder hell gelblichgrau. Der Ritz ist etwas glänzend. Die Härte ist merklich geringer als die der Schalenblende und dürfte $3\frac{1}{2}$ kaum je erreichen. Trotz ihrer vorwiegend dunklen Farbe ist diese Blende chemisch fast frei von Eisen.

Beim Erhitzen auf etwa 500° tritt rasch eine Entfärbung der vorher dunklen Theile ein, und die ganze Masse erscheint dann fast gleichmässig gelblichgrau bis graugelb, mit glasartigem Perlmutterglanz. Gleichzeitig entwickelt sich ein mehr öliger als aromatischer Geruch.

Unter dem Mikroskop zeigt sie sich als Gemenge von einestheils reiner, durchscheinender, glasglänzender, hell gelblichgrauer, und von anderntheils undurchsichtiger, metallisch glänzender, dunkel stahlgrauer Blende. Die stellenweise auftretende, makroskopische Faserstructur erweist sich unter dem Mikroskop als eine nur scheinbare und hervorgebracht durch annähernd parallele Risse in der sonst körnigen Masse.

Dünnschliffe sind schwer herzustellen, weil auch diese Blende beim Schleifen zerbröckelt. Auch sie besteht aus einzelnen schwach zusammengehaltenen Körnern. Allein diese Blende ist in nicht sehr dünnen Schliffen schon genügend durchsichtig. Die Körnchen des in Canadabalsam eingelegten feinen Pulvers sind grösstentheils durchsichtig, theils farblos, theils bräunlich oder gelbgrün, alle etwas getrübt durch unregelmässig vertheilte, dunkle Interpositionen und durch feine Sprünge. Im Schliff wie im Pulver verhält sich die Blende optisch isotrop und gehört also ebenfalls ins tesserale System.

Die phanerokrystalline Kiesblende findet sich bisweilen als dicker Ueberzug über den äussersten Bleiglanzlagen der Schalenblende. Sie ist schwarz, matt oder schwach fettglänzend, ganz undurchsichtig und gibt einen grauschwarzen Strich. Das Mikroskop zeigt im reflectirten Licht ein inniges Gemenge von schwarzgrauen, krystallinen Blendekörnern und von sehr porösem, gelblichweissem Kies, welcher letztere jedenfalls den dunklen Strich verursacht.

Diese Blende gibt beim Erhitzen auf etwa 500° einen fettigen Geruch, beim schwachen Glühen viel Schwefel, vom Kies herrührend. Nach längerem Glühen ergibt die mikroskopische Untersuchung, dass sich der Kies in eine blauschwarze, gesinterte Masse (Fe S) verwandelt hat, während die Blende, deren körnigkrystallines Gefüge jetzt viel deutlicher hervortritt, abgesehen von einer geringen Erhellung der Farbe, unverändert geblieben ist.

Da diese phanerokrystalline Kiesblende die Schalenblende überzieht, so ist sie als jünger als letztere zu betrachten, während die oben beschriebene, kryptokrystalline Kiesblende älter ist.

Beachtenswerth ist, dass in den Kiesblenden die Blendetheilchen selbst schwarz gefärbt sind, während schwarze Blende bei Wiesloch sonst nicht vorkommt.

Pseudomorphosen von Blende nach Bleiglanz kommen selten vor und nur als Umhüllungs-Pseudomorphosen („Perimorphosen“ Kenngott's). Grosse oktaëdrische Bleiglanzkrystalle sind mit einer Hülle von grünlichgrauer, subkrystalliner Blende überzogen, und der Bleiglanz ist theilweise aus der Hülle entfernt worden.

2. Bleiglanz.

Bleiglanz kommt zwar in allen Theilen der Lagerstätten vor, aber in im Ganzen nur geringer Menge und unregelmässig in den Zinkerzen vertheilt. Nach Mittheilungen des Herrn Dir. Fischer fielen aus dem Blendehaufwerk 1 bis 2 % Bleiglanz, aus dem Galmeihaufwerk merklich weniger. Der Silbergehalt beträgt meist nur 20 bis 25 gr. in 100 kgr. Bleiglanz und steigt in seltenen Fällen bis 30 oder höchstens 35 gr.

Während der Bleiglanz in der frischen Blende stets scharf auskrystallisirt ist, erscheint er im Galmei mit unregelmässigen, gerundeten Umrissen, oft sogar in losen und etwas mürben Knopern, und grossentheils zersetzt. Der Bleiglanz tritt, seiner ursprünglichen Gestalt nach, in dreierlei Weise auf:

a) als grosse Krystalle von 1 bis 2 cm. Durchmesser, stets reine Oktaëder. Unter den zahlreichen von mir durchgesehenen Stufen, welche aus den Wieslocher Erzlagerstätten stammen, fand ich kein einziges Stück, an dessen Bleiglanz-Oktaëdern auch Hexaëder- oder andere Flächen wären erkennbar gewesen. Die grössten und oft fast frei ausgebildeten Krystalle sitzen an den Blendestalaktiten und sind zum Theil, zusammen mit den letzteren, von phanerokrystalliner Blende umgeben. Der krystallisirte Bleiglanz ist daher jünger als die Schalenblende, älter als die phanerokrystalline Blende;

b) als grosskrystalline Lagen, Platten und Schnüre, meist 1 bis 2 cm. dick, sowohl zu oberst auf der Schalenblende und dann oft von phanerokrystalliner Blende überdeckt, als auch, theils fest umschlossen, theils lose, im Galmei; auch dieser Bleiglanz ist oktaëdrisch, was leicht daran erkannt werden kann, dass die Spaltungsrichtung niemals mit äusseren Begrenzungsflächen der krystallinen Masse parallel läuft, daher diese Begrenzungs- und Ausbildungsflächen keine hexaëdrischen sein können;

c) in feiner Vertheilung in und zwischen den Lagen der Schalenblende, wie oben beschrieben. Auch hier, soweit dies zu constatiren ist, besitzt der Bleiglanz einen oktaëdrischen Charakter.

Nach Herrn Ph. Bronner's Untersuchungen ist der meiste

Wieslocher Bleiglanz sehr reich an Antimon, was durch die oben aufgeführte Schalenblendeanalyse bestätigt wird. Nach letzterer muss, wenn die von mir darüber angefügten Betrachtungen als zutreffend angenommen werden, der in dieser Blende eingemengte Bleiglanz etwa $12\frac{1}{2}\%$ Sb enthalten.

Verhalten beim Erhitzen. Wie mit den Blenden, so habe ich auch mit einer Reihe von Bleiglanzen von verschiedenen Fundorten Erhitzungsversuche angestellt. Verschiedene Glanze verhalten sich dabei sehr verschieden. Viele entwickeln gar keine, andere nur spurweise, wieder andere recht kräftige Gerüche, welche niemals aromatischer, sondern stets fettiger Art sind, in einem Fall (bei in Sandstein eingewachsenem Glanz von S.-W.-Missouri) terpentinartig unter Dampfentwicklung. Bei vielen scheint der Grad des Verknisterns mit der Geruchsentwicklung in Zusammenhang zu stehen. Dies ist indessen keineswegs durchgängig der Fall.

Bei allen von mir untersuchten Glanzen aber besteht ein Zusammenhang zwischen der Geruchsentwicklung und der Oxydirbarkeit. Starkriechende Bleiglanze lassen sich bis zum Glühen erhitzen ohne gelb zu werden und schweflige Säure zu entwickeln; sie laufen nur an, manche in prachtvollen Farben, bleiben aber glänzend. Je schwächer der Fettgeruch, desto rascher und leichter werden die Glanze oxydirt. Dies weist mit Bestimmtheit darauf hin, dass die entweichenden Gase chemisch reducirende sind, wobei zunächst an Kohlenwasserstoffe gedacht werden kann. Da sich solche Bleiglanze bisweilen bei längerem Erhitzen nicht oxydiren, so ist kaum zu bezweifeln, dass ein Theil der reducirenden Einmengungen auch nach dem Erhitzen in dem Mineral zurückbleibt, daher nicht oder schwer zu verflüchtigen ist. In dieser Weise verhält sich der mit der frischen Wieslocher Blende vorkommende, krystalline und krystallisirte Bleiglanz. Auch solcher, welcher mit verwitterter Blende und im Galmei auftritt, gibt meist noch fettig riechende Gase ab, wenn auch in weniger auffallendem Maasse.

Zersetzung. Der Bleiglanz ist oft zersetzt und zerfressen, nur selten in der frischen Schalenblende, dagegen fast immer an den Stalaktiten und im Galmei.

Am oberen Ende der losen Stalaktiten sind oft Bleiglanzlagen durch Auflösung entfernt. Von den einzelnen Krystallen, welche theils aussen an den Stalaktiten sitzen, theils sich in den letzteren eingeschlossen finden, sind die kleineren oft gänzlich herausgelöst, die grösseren rundum angefressen. Die lösende Wirkung war meist stärker in der Mitte der Oktaëderflächen. Die Kanten sind verhältnissmässig weniger angegriffen. Bisweilen sind Krystalle gänzlich ausgehöhlt und innen mit Zersetzungsproducten besetzt, während der grössere Theil der äusseren Flächen mit Kanten und Ecken noch vorhanden ist. Die Ursache dieser Erscheinung ist leicht einzusehen, wenn man frische Bleiglanzkrystalle oder krystalline Massen zerbrochen unter dem Mikroskop betrachtet. Man erkennt dann, dass manche Krystall-Individuen im Innern nicht massiv sind, sondern theils aus getrennten, parallelen Fasern oder Blättern, theils aus einem grossmaschigen Strickwerk bestehen. Es scheint, dass sich bei der Entstehung der Krystalle zuerst ein grösseres Skelet gebildet hat, dessen am äusseren Krystallumfang gelegene Maschen bisweilen zuerst ausgefüllt wurden, um Flächen zu bilden, während das Innere in skeletartigem Zustand verblieb. Bei so struirten Krystallen bieten sich den zersetzenden Einwirkungen, sobald sie einmal an einer Stelle durch die dichtere Schale hindurchgedrungen sind, viel grössere Angriffsflächen; die Wirkung geht im Innern rascher vor sich und der Krystall wird ausgehöhlt.

Mitten im Galmei findet man bisweilen Umrisse von Bleiglanzkrystallen, welche im Innern gänzlich aus hellgefärbten Zn- oder Pb-Carbonaten bestehen und von welchen nur eine dünne, dunkelgraue Rinde von etwas PbS-haltendem Pb-Carbonat zurückgeblieben ist und jetzt allein die Lage und den Umfang des ursprünglichen Krystalls andeutet.

Der im Galmei eingeschlossene grosskrystalline Bleiglanz ist stets von einer mehr oder weniger dicken Rinde von schwarzen, grauen oder weissen Zersetzungsprodukten begrenzt. Letztere sind hauptsächlich Gemenge von Pb-Sulfat und -Carbonat. Heisse Kalilauge löst nicht nur das Sulfat, sondern auch den grössten Theil des Carbonats ohne grosse Schwierigkeit auf. Kocht man eine mit Zersetzungsprodukten

umkleidete Bleiglanzmasse längere Zeit in Kalilauge, so besitzt dieselbe nachher entweder eine reine Oberfläche, oder sie bleibt bedeckt mit einer gelbrothen, porösen, erdigen Masse, welche beim Glühen eine lebhaft rothe Farbe annimmt, von verdünnten Säuren wenig angegriffen, in heisser concentrirter Salzsäure aber langsam gelöst wird unter Abscheidung feinflockiger Kieselsäure. Diese gelbrothe Erde hält als Basis weder Al, noch Zn, sondern nur Fe, ist also ein Eisensilikat, und zwar, wie sich aus seiner Farbe schliessen lässt, entweder ein inniges Gemenge von einem Silikat des Eisenmonoxyds mit Eisensequioxyd oder dessen Hydrat, oder wahrscheinlicher ein Silikat des Eisensequioxyds. Letzteres scheint mir deshalb wahrscheinlicher, weil die Substanz von verdünnten Säuren nicht angegriffen wird.

Dieselbe rothe Erde, mit vollkommen entsprechenden chemischen Eigenschaften, findet sich auch, und zwar in etwas grösserer Menge, als Zersetzungsprodukt der Blende, im braunen Galmei eingesprengt. Ihrem ganzen Vorkommen nach muss sie als ein Nebenprodukt der Zersetzungsvorgänge betrachtet werden, und sich gebildet haben entweder aus dem Fe-Gehalt des Bleiglanzes und der Blende, oder dadurch, dass die Zersetzung dieser Mineralien durch die Einwirkung von Fe-Sulfatlösungen erfolgt ist (vgl. Abschnitt D).

3. Markasit.

Der mit der Schalenblende zusammen vorkommende Eisenkies ist, soweit meine Beobachtungen reichen, ausschliesslich der rhombische, d. i. Markasit. Er bildet Lagen von fasrigem oder stängligem Gefüge, oft papierdünn und nur unter dem Mikroskop genauer erkennbar, bisweilen aber auch dicker, bis zu 50 mm. Ich habe bis 5 Lagen, mit Blende und Glanz abwechselnd, an einem Handstück getroffen. Ausserdem bildet er meist den Kern des obersten Theils der Blendestalaktiten und erscheint dann nicht stänglig ausgebildet, sondern als verworrene, krystalline Masse, oder porös mit kleinen Drusen, welche mikroskopische Kryställchen von der gewöhnlichsten, tafelartigen Gestalt des Markasites enthalten.

Sein Auftreten in der „Kiesblende“ wurde oben erwähnt.

Wie der meiste Markasit verwittert er sehr leicht, und nur wenige der gefundenen Stalaktiten enthalten noch frische Kieskerne. Bei den meisten ist der Kies fast gänzlich zersetzt, und es finden sich an seiner Stelle theils erdige oder pulverige graue Gemenge von weissem, etwas As und viel Wasser haltigem Eisensulfat, mit Schwefel und mikroskopischen Theilchen unzersetzten Kieses, theils haarförmige oder wollige Massen von reinem, farblosem oder weissem, ebenfalls wasserreichem Eisensulfat.

In ganz frisch verbliebenen Kiesen ist es mir nicht gelungen, Arsen nachzuweisen, wohl aber in den Zersetzungsprodukten an anderen Stücken. Es dürfte daher die Zersetzbarkeit solcher Kiese mit ihrem Arsengehalt etwas zu thun haben. Nach früher Gesagtem ist der in der Kiesblende enthaltene Markasit als As-haltig zu betrachten. Die Kiesblende wurde unter Wasser in recht frischem Zustande gefunden. Seit die Stücke an der Luft liegen, hat die Zersetzung begonnen und in kleinen Hohlräumen finden sich Sulfate abgesondert.

Die Grubenwasser vom Kobelsberg haben, so lange sie ohne Weiteres in den Bach abgeführt wurden, dort das Absterben vieler Fische veranlasst und man hat dies ihrem aus den Kiesen stammenden Arsengehalt zugeschrieben. Nach Mittheilungen, welche mir Herr Dr. Weigelt, Director der landwirthschaftlichen Versuchsanstalt zu Ruffach im Elsass, über diesbezügliche von ihm angestellte Versuche gemacht hat, scheint es indessen sicher, dass arsenige Säure und arsenigsaure Alkalien, bis zu $^1/_{10}$ $^0/_{00}$ in Wasser gelöst, selbst sehr empfindlichen Fischen, wie Forelle und Schleie, keinen grossen Schaden zufügen, dass aber Eisensulfat denselben sehr schädlich ist. Es dürfte daher letzteres Salz es sein, was bei Wiesloch die erwähnten schlimmen Folgen s. Z. veranlasste.

4. Zinkspath.

Der bei Wiesloch vorkommende Galmei, bisher vorwiegend der Gegenstand des dortigen Bergbaubetriebs, ist fast ausschliesslich Zinkspath (Smithsonit). Doch bestehen nur manche wasserhelle, mikroskopische Kryställchen aus fast reinem Zinkcarbonat. Die Hauptmasse

des Galmeis enthält dagegen stets kleinere oder grössere Mengen, manchmal bis gegen 50 %, von Eisencarbonat und bildet alle Abstufungen sehr wechselnd zusammengesetzter „Eisenzinkspathe".

Diese Spathe treten auf als: a) Krystalle; b) Zinkglas; c) körniger Galmei; d) metasomatische Bildungen.

a) Krystalle.

Der krystallisirte Zinkspath besitzt zum einen Theil einen rhomboëdrischen, zum andern Theil einen skalenoëdrischen Habitus.

Die rhomboëdrischen Krystalle stellen ihrerseits zwei verschiedene Typen dar.

Der eine Typus entspricht dem einfachen Grund-Rhomboëder (R), welches, soweit meine Beobachtungen reichen, dort stets nur für sich, nicht aber in Combinationen deutlich erkennbar auftritt. Die Krystalle sind gelblich oder grünlichgrau, durchscheinend, bis 3 mm. dick, und stets an Ecken und Kanten abgerundet. Die Ursache dieser Abrundung lässt sich an manchen grösseren Krystallen deutlich erkennen. Es haben sich nämlich haufenartige Aufsätze mit etwas unregelmässig gestalteten, jedoch im Ganzen concentrischen Umrissen und mit lagenförmigem Aufbau auf den einzelnen Rhomboëderflächen angesetzt. Diese Krystalle sitzen auf dicken Ueberzügen von „Zinkglas" (s. unten) in Drusen des braunen Galmei und sind selber im Bruch glasartig, indem sie nach glasglänzenden, gekrümmten Spaltungsflächen brechen.

Der andere rhomboëdrische Typus zeigt ein sehr spitzes Rhomboëder (4 R), dessen bisweilen quergestreifte Flächen, nach den Spitzen hin, sich mehr und mehr zu einander neigen, daher in dieser Richtung gekrümmt erscheinen und in einem stumpferen Rhomboëder (wahrscheinlich 2 R) endigen. Diese Krystalle sind meist durchsichtig, farblos oder bräunlich gefärbt, vollkommen scharfkantig. Sie sind sehr klein, höchstens 1 bis 2 mm. lang und ihre Gestalt ist nur mit der Loupe deutlich erkennbar. Sie bilden oft zusammenhängende Auskleidungen von grossen Drusen im braunen Galmei und sitzen auf dünnen Brauneisensteinlagen auf oder bilden dicke Umhüllungen von feinen Schwerspathnadeln.

Die Krystalle mit skalenoëdrischem Habitus stellen meist ein reines spitzes Skalenoëder (R_3) dar. Nur einzelne zeigen eine Zuschärfung durch ein Rhomboëder (2 R). Sie erreichen eine Länge von 5 mm., sind aber stets mehr oder weniger abgerundet. Wenn quer durchgebrochen, zeigen sie einen dünn lagenförmigen Aufbau, und bestehen aus abwechselnden theils farblosen, durchsichtigen und glasglänzenden, theils rauhen, porösen, undurchsichtigen, okergelben Lagen. Aussen sind sie bald grünlichgrau, bald gelblichweiss, oder mit einer dünnen, schön gelben Okerhaut überzogen. Die Spitzen erscheinen oft angefressen und dann, in Folge ihrer Lagenstruktur, wie blättrig. Bisweilen besteht der ganze innere Kern aus gelbem Oker. Sie sind, auch in dem farblosen Theil ihrer Masse, stark eisenhaltig und sitzen im braunen Galmei auf Brauneisenerz auf. Alle diese Verhältnisse deuten auf eine öfter unterbrochene Bildungsthätigkeit, in deren Ruheperioden die jeweils äusserste Lage des Fe-haltigen Zinkspathes zersetzt wurde, unter Wegführung von $ZnCO_3$ und Zurücklassung von $Fe_2(OH)_6$, über welchem sich in einer späteren Absatzperiode eine neue Schicht $ZnCO_3$ ansetzte. Auch dieser Oker enthält merkliche Mengen von Eisensilikat.

b) **Zinkglas.**

Der Zinkspath tritt ferner auf als grosskrystalline Masse, sogenanntes „Zinkglas“. Das glasähnliche Aussehen ist verursacht durch lebhaften Glasglanz und grosse, oft muschlig gekrümmte, Bruch- und Spaltungsflächen. Das Zinkglas ist durchsichtig bis durchscheinend; farblos oder milchweiss, oder grünlich, seltener bräunlichgrau bis gelb. Das Gefüge ist entweder grosskörnig oder stängelig bis faserig. Auch das farblose ist stark eisenhaltig und wird beim Glühen braungelb. Das Zinkglas bildet, in grösseren Hohlräumen des braunen Galmei, bis 2 cm. dicke, mamellare oder traubige Ueberzüge, oder grosse rundliche Tropfen, deren Gestalt oft stumpfen Rhomboëdern ähnlich sieht. Meistens finden sich mehrere Lagen übereinander, durch dünne Okerlagen von einander getrennt. Die Oberfläche ist immer rauh, gelblich angehaucht, oder mit einer Okerlage bedeckt. Alles

dies deutet hier ebenfalls auf stattgefundene abwechselnde Neubildung und oberflächliche Zersetzung. Die Mamellen sind bisweilen facettirt und seidenglänzend. Letzteres rührt von enge zusammengedrängten, mikroskopischen Krystallflächen her.

In einem Bau der Vieille Montagne im mittleren Theil des Hesselfeldes, etwa 70 oder 80 m. nördlich von dem auf der Karte Taf. IX mit „Nr. 1" angedeuteten Schacht, hat sich im grauen Galmei ein schön citron- bis wachsgelbes, z. Th. auch grünlichgelbes Zinkglas gefunden, welches im N. Jahrb. f. Min. 1858, p. 289 von Blum beschrieben wurde und nach der dort aufgeführten Analyse Long's 3·36% Cadmium-Carbonat enthielt. Dies war indess ein nur beschränktes Vorkommen. Das gewöhnliche Wieslocher Zinkglas, auch wenn schön gelb gefärbt, enthält kein Cd in leicht nachweisbarer Menge. Das Zinkglas sitzt theils auf gewöhnlichem, körnigem Galmei, theils auf Brauneisenerz auf, bisweilen auch auf zersetztem und zerfressenem Bleiglanz. Es gehört zu den jüngsten Bildungen.

c) Körniger Zinkspath.

Das dritte und ökonomisch wichtigste Vorkommen des Zinkspaths ist als körniger Zinkspath, welcher unter dem Namen „Galmei" den Hauptgegenstand der bergmännischen Gewinnung bildet. Derselbe ist feinkrystallin bis kryptokrystallin und tritt in Form von Schnüren und gewellten Platten, sowie auch lagenförmig und massig auf. Er enthält stets grosse und kleine, unregelmässig gestaltete Hohlräume, meist flach, mit welligen oder traubig-stalaktitischen Oberflächen, sowie grössere und kleinere Krystalldrusen.

Man unterscheidet drei Hauptvarietäten, den „rothen" oder besser „braunen", den „grauen" und den „weissen" Galmei.

Der graue Galmei ist gewöhnlich mineralogisch homogen und dem äusseren Aussehen nach sowohl mikroskopisch als makroskopisch von einem gewöhnlichen bläulich aschgrauen Kalkstein von feinkörnigem Gefüge kaum zu unterscheiden.

Als äussere Unterscheidungsmerkmale können ausser dem Gewicht bezeichnet werden die stets bemerkbare Porosität des Galmeis und

dessen meist lagenförmiger, nicht selten ganz dünnlagiger Aufbau, mit vielen flachen, mit traubigen Bildungen ausgekleideten, Hohlräumen zwischen den einzelnen Lagen.

Der braune Galmei ist von sehr wechselnder Beschaffenheit und Farbe; bald dicht, bald porös; bald krypto-, bald phanerokrystallin; bald gelblichbraun oder gelb, bald röthlichbraun oder braunroth. Er ist theils lagenförmig, theils massig aufgebaut, immer aber drusig.

Die mikroskopische Prüfung ergibt, dass die innersten Theile dichter Massen aus einem homogenen Aggregat von braunrothen Krystallkörnern bestehen. In der Nähe der Drusen geht dieses Aggregat über in ein Gemenge von fast farblosen Körnern mit ausgeschiedenen Theilchen von Eisenoker und Brauneisenerz. Letzteres nimmt mit Annäherung an die Drusen an Menge und an Dichtigkeit zu. Die Drusen selbst sind mit einer bisweilen ausgezeichnet dünnlagenförmig struirten, einen oder mehrere Millimeter dicken, Auskleidung von sehr dichtem, kieseligem Brauneisenerz versehen, über welcher erst die krystallisirten Mineralien, insbesondere Zinkspath und Schwerspath aufsitzen. Es scheint hier von den Hohlräumen aus eine, mit Umkrystallisirung verbundene, Zersetzung des ursprünglichen, homogenen Eisenzinkspaths stattgefunden zu haben unter Abscheidung von Brauneisenerz, welches oft auch den unveränderten rothbraunen Eisengalmei gangartig durchsetzt. Wie später unter „Kalkspath" zu erwähnen sein wird, sind ähnliche Umbildungen, mit Ausscheidung von kieseligem Eisenerz, auch in den Kalksteinen vor sich gegangen.

Die ebenfalls vorkommenden dickeren, gangartigen Adern und damit verbundenen Inkrustirungen von Drusen, im braunen Galmei dürften auch theilweise späteren Infiltrationen zu verdanken sein. Sie beweisen jedenfalls, dass ein Theil des Eisenerzes, in seiner jetzigen Lage, jünger ist als der braune Galmei. Letzterer ist, nach Obigem, ein sehr wechselndes Gemenge von eisenhaltigem Zinkspath, mehr oder weniger kieseligem Brauneisenerz und Oker.

Der weisse Galmei kommt nur in untergeordneter Menge vor. Er ist graulichweiss bis hellgrau, von sehr verschiedenen Härtegraden, nicht selten leicht zerreiblich. Obgleich dem blossen Auge homogen

erscheinend, erweist er sich bei mikroskopischer Untersuchung als ein inniges Gemenge von farblosen Zinkspathkryställchen und feinerdiger Zinkblüthe. Dementsprechend gibt er beim Erhitzen viel Wasser ab. Er brennt sich gelblich oder bräunlich.

Chemische Zusammensetzung des Galmeis. Die verschiedenen Wieslocher Galmeisorten sind mehrfach analysirt worden. Ich will einige der dabei erhaltenen Resultate hier zusammenstellen:

	Weisser Galmei.	Grauer Galmei.	Brauner Galmei.		Verschiedene Sorten.
	Clauss.	Clauss.	Clauss.		Wandesleben.
Zn	50·91	43·60	38·78	27·30	40·59 bis 46·72
Fe	1·12	2·66	4·55	10·08	·1·13 bis 2·58
Mn	0·35	2·30	2·51	2·03	nicht bestimmt.
Ca	0·43	1·00	2·07	2·28	Spur bis 0·40
$CO_2 + H_2O$	31·30	34·20	34·80	37·60	30·48 bis 34·02
SiO_2	2·60	3·00	3·90	5·90	2·71 bis 9·69
Al_2O_3					1·34 bis 3·32

Wandesleben fand (nach Leonh. Beitr. Heft I, p. 71) in dem von ihm untersuchten Galmei auch 0·0046 bis 0·0053 % As und 0·027 bis 0·035 Cd. Das Vorkommen des Cd in grösserer Menge war bis jetzt auf den oben (unter „Zinkglas") erwähnten Fundpunkt beschränkt. Ich habe mehrere Galmeisorten auf Cd untersucht, u. A. auch eine schön grünlichgelb gefärbte, konnte aber nur geringe Spuren von Cd nachweisen.

Wandesleben beschäftigte sich angelegentlich mit der Untersuchung, ob nicht Zn an SiO_2 gebunden im Galmei vorkomme, „erhielt jedoch stets verneinende Resultate". Das Zn findet sich, wie ich durch eigene Prüfung bestätigt habe, im Galmei ausschliesslich an Kohlensäure gebunden, wogegen das Fe theils als Carbonat, theils als Silikat, und im braunen Galmei auch zum Theil als freies oder hydrirtes Oxyd vorhanden ist. Die Gegenwart der eingemengten Oxyde ist stets mikroskopisch, bisweilen schon mit dem freien Auge erkennbar.

Mangan ist in allen Galmeisorten vertreten. In der braunen, besonders in der Nähe von Drusen, sind die Oxyde desselben als kleine schwarze Pünktchen in der Masse ausgeschieden. An manchen Stellen

in den nördlichen Abbaufeldern der Hessel sind die Manganoxyde bisweilen so angehäuft, dass der Galmei eine grauschwarze Farbe annimmt. Der Zinkgehalt ist dabei nicht vermindert. Derselbe erreicht z. B. bei einem „schwarzen Galmei“ vom „Postweg-Stollen“ die Höhe von 44·24 %.

Um zukünftige Forscher, welche sich die Wieslocher Schulhaussammlung ansehen, vor Irrthum zu bewahren, will ich hier anfügen, dass in dieser Sammlung einige nicht etikettirte Galmeistücke mit hübschen Willemit-Drusen sich befinden. Diese Stücke stammen aber, nach Herrn Ph. Bronner's Versicherung, von Moresnet bei Aachen. Bei Wiesloch ist noch niemals freies Zinksilikat in irgend welcher Gestalt gefunden worden.

d) Metasomatische Bildungen.

Unter diesem Titel will ich alle, theils pseudomorphen, theils metamorphen Bildungen zusammenfassen, bei welchen der Zinkspath entweder als Erzeugniss einer chemischen Umwandlung oder als Umhüllungsmaterial auftritt. Hierher gehören die Bildung von Zinkspath aus Blende, die Pseudomorphosen von Zinkspath nach Kalkspath, die Umwandlung von Kalkstein in Galmei, und die genetisch wichtigen krystalloïden Hohlräume, welche im Wieslocher Galmei in grosser Zahl vorhanden sind.

Zinkspath nach Blende. In der Sammlung im Schulhause zu Wiesloch finden sich, in Drusen einiger Stücke von braunem Galmei, abgerundete Krystalle von tetraëdrischer Gestalt bis 3 mm. dick, welche jeweils aus einem Kern von porösem Oker und aus einer dicken Hülle von glasigem Zinkspath bestehen und als Pseudomorphosen nach Blende gedeutet werden können.

Umwandlungen von Blende in Zinkspath mit noch erhaltenen Blenderesten finden sich bisweilen im Galmei. Die bleibenden Reste zeigen stets, dass die Blende Schalenblende oder die dieselbe umhüllende krystalline Blende war, welche letztere oft noch verhältnissmässig gut erhalten ist. Solche Umwandlungen sind etwas ganz Gewöhnliches in der Nähe der Blendeablagerung im Kobelsberg und in

dieser Ablagerung selbst. Dieselben treten sowohl an der ebenlägigen Schalenblende auf, als auch an der stalaktitischen. Eine kurze Beschreibung einiger in dieser Hinsicht charakteristischer Stücke, wie sie zu Dutzenden in den Wieslocher Sammlungen liegen, dürfte hier wegen ihres genetischen Interesses am Platze sein.

Manche Stalaktitenstücke bestehen oben (d. h. am dickeren Theil) aus unversehrter Schalenblende, sind weiter unten äusserlich in Galmei verwandelt, und die Spitze ist gänzlich zerfressen und grossentheils durch Auflösung entfernt, während sich Zinkspath in vorhangähnlichen Bildungen unten angesetzt hat. Die auf und in der Blende sitzenden Bleiglanzkrystalle sind dabei an manchen Stücken nur wenig angegriffen, an andern stark zerfressen und an der Oberfläche löcherig. Die oft gewundenen Läufe der Flüssigkeiten, welche die Auflösung der Blende bewirkt haben, sind an manchen Stalaktiten deutlich zu verfolgen. Es fand also hier die Veränderung der Blende durch herabträufelnde Lösungen zu einer Zeit statt, als der betroffene Stalaktit noch am Dache festhing.

Andere Stücke zeigen ihre Veränderungen hauptsächlich am oberen, dicken Theil. Die dünnen Kies- und Bleiglanzlagen sind da theilweise oder ganz aus der Blende entfernt, und die Blendelagen selbst sind, unter Ausscheidung von Eisenoker, in röthlichgrauen Zinkspath oder in gelblichweisse Zinkblüthe verwandelt. In grösseren Hohlräumen finden sich traubige und zuckerkörnige Bildungen oder seltener sehr kleine Kryställchen von Zinkspath. Hier hat die Veränderung erst nach dem Abbrechen des Stalaktiten stattgefunden; sie ist vom dicksten Theil, wo sich früher die leicht zersetzbaren Kiese befanden, ausgegangen und vorzugsweise ins Innere vorgeschritten, während die äussere Stalaktitenschale, welche aus phanerokrystalliner Blende besteht, weniger angegriffen und oft nur mit einer dünnen Okerschicht bedeckt erscheint.

Durch weiteres Fortschreiten dieses Vorgangs sind manche Stalaktiten gänzlich ausgehöhlt, so dass stellenweise nur 1 bis 2 mm. dicke, concentrische Schalen geblieben sind, welche aber selbst umgewandelt sind und theils aus compaktem, krystallinem, grauem oder braunem

Galmei mit Okerüberzug, theils aus porösem weissem Galmei und aus Zinkblüthe bestehen. Ueber dem Oker hat sich wieder mehr oder weniger Zinkglas angesetzt. Die Zersetzung der Stalaktiten im Allgemeinen hat, nach allem eben Gesagten, begonnen, als die Stalaktiten noch hingen, und auch nach deren Ablösung fortgedauert. Die zersetzende Flüssigkeit kam also zunächst von Oben und hat sich nachher auf der Sohle der Hohlräume ausgebreitet und ihre Wirkungen dort fortgesetzt.

In Folge dessen ist auch die ebenlägige Schalenblende oft in ähnlicher Weise umgewandelt und besteht dann aus abwechselnden, fast ebenen Lagen von braunem oder grauem Galmei, von Bleiglanz, von gelbem Oker und von dichtem Brauneisenerz.

Der durch direkte Umwandlung der Blende entstandene Galmei ist von demjenigen, welcher durch Auflösung und Wiederabsatz sozusagen neugebildet ist, leicht dadurch zu unterscheiden, dass der letztere den dünnlagenförmigen Aufbau des ersteren nicht besitzt und dass seine stalaktitischen Bildungen nicht rund im Querschnitt sind, sondern stets eine gewunden plattenförmige, d. i. vorhangartige Gestalt besitzen, welche an der Blende und ihren ohne Ortsveränderung entstandenen Umwandlungserzeugnissen nicht zu beobachten ist.

Umwandlung von Kalkspath in Zinkspath. Pseudomorphosen von Zinkspath nach Kalkspath, von Wiesloch stammend, sind von Blum, Pseud. II. Nachtr. p. 112, beschrieben worden. Sie „zeigen die Form R_3, — 2 R, mit untergeordneten Flächen von — $\frac{1}{2}$ R und ∞ R des Kalkspaths“. In ihrem mehr oder weniger hohlen Innern enthalten sie ein zelliges oder poröses Aggregat von Zinkspath. Aus einem ähnlichen Aggregat bestehen auch die Hüllen selbst, welche von grünlich-grauer Farbe sind und in manchen Fällen mit einer dünnen Okerschicht umkleidet. Sie sitzen in Drusen des braunen Galmeis.

Andere Pseudomorphosen finden sich mehrfach in den Wieslocher Sammlungen, in bis 2 cm. langen, z. Th. hohlen Individuen, welche meist gelblichbraun oder auch bräunlichroth gefärbt sind und einfache Skalenoëder (R_3), seltener grosse Rhomboëder (— $\frac{1}{2}$ R) dar-

stellen, Gestalten, welche sich zu Wiesloch auch am unveränderten Kalkspath in Drusen des Muschelkalks vorfinden.

Da die erwähnten Pseudomorphosen sich im Galmei selbst befinden, so wird hiedurch angedeutet, dass sich an nicht wenigen Stellen der Kalkstein mitsammt seinen Drusen in Galmei umgewandelt habe. Dass solche Kalksteinumwandlungen stattgefunden haben, wird durch andere Beobachtungen bekräftigt. Denn nicht nur enthält der die Erzlagerstätten umgebende Kalkstein mehr oder weniger Zink, sondern man findet auch stellenweise grössere Massen Muschelkalk mit den darin eingeschlossenen Versteinerungen in Galmei verwandelt unter Einbusse der Schichtung.

In den die Kobelsberger Galmei-Lagerstätten unmittelbar überlagernden Kalksteinschichten fand ich, in einer Probe von phanerokrystallinem Gefüge, neben 0·47% Fe und 0·26% Mg, auch 0·032% Zn; in einer andern kryptokrystallinen von etwas „speckigem" Ansehen, neben 0·69% Fe, 0·246%, also nahezu ¼% Zn. Den Zinkgehalt der umgebenden Kalksteine hat schon Clauss bemerkt (26. Jahresber. d. Mannh. V. f. Naturk. p. 51).

Mit vorschreitender Umwandlung wird der Kalkstein stets porös, und fast immer gelblich oder ganz gelb gefärbt von ausgeschiedenem Eisenoxydhydrat. Er sieht dann einem durch chemische Umwandlung entstandenen Dolomit sehr ähnlich, und Stücke davon besitzen, wegen ihrer bedeutenden Porosität, auch kein sehr auffallend hohes Gewicht. Es ist daher leicht erklärlich, dass derartige Vorkommnisse in Wiesloch z. Th. für Dolomit angesehen werden. Eine in Bensberg ausgeführte Analyse eines solchen „Dolomit" ergab 41·39% Zn und nur 0·95% Mg, war also thatsächlich ein ungewöhnlich poröser, durch fein eingemengten Oker gelb gefärbter Galmei. Die Dolomitisirung der Kalksteine und die Umwandlung derselben in Galmei müssen nach Obigem als verwandte und unter ähnlichen Bedingungen statthabende chemische Vorgänge angesehen werden, mit welchen u. A. ein Poröswerden des Gesteins verbunden ist, und, sofern dasselbe Eisen enthält, eine Abscheidung des letztern in Form von gelbem Oker, welcher indessen meistens in der Masse vertheilt bleibt und dieselbe gelb färbt.

Ich werde auf diesen Gegenstand bei Besprechung des Dolomits zurückkommen.

Den wichtigsten und schlagendsten Beweis einer in grösserem Massstab erfolgten Umwandlung von Ca-Carbonat in Zn-Carbonat liefern die zahlreich vorkommenden Vererzungen verschiedener Muschelkalkversteinerungen. Sowohl in der Heidelberger akademischen Sammlung, als auch ganz besonders in den beiden Wieslocher Sammlungen bei Herrn Ph. Bronner und im Schulhause, finden sich ganze Schubladen voll Handstücken und ausserdem noch grössere Blöcke von Muschelkalk, welcher mitsammt seinen Versteinerungen, wie z. B. *terebratula vulgaris*, *lima striata*, *lima obtusifolia*, *mytilus eduliformis*, *encrinus liliiformis*, etc., mit trefflicher Erhaltung ihrer äussern Gestalt, mehr oder weniger vollständig in Galmei umgewandelt ist.

In der die Versteinerungen umgebenden und deren Abdrücke zeigenden Masse sind, nach früheren chemischen Untersuchungen des Herrn Bronner, welche durch die meinigen vollkommen bestätigt wurden, oft kaum Spuren von Ca zurückgeblieben. Der Eisengehalt ist darin ein sehr schwankender, wie im übrigen Galmei, und daher auch die Farbe dieser Vererzungen sehr verschieden. Bei vielen ist die ursprüngliche graue Farbe des typischen Muschelkalks genau erhalten, so dass die Masse nur durch ihr grösseres Gewicht und, bei Beschauung mit Loupe oder Mikroskop, durch poröse oder zellige Struktur mit häufig mamellaren oder traubigen Bildungen von dem gewöhnlichen Kalkstein äusserlich zu unterscheiden ist. In andern Fällen ist die Masse graugelb, okergelb, bräunlichroth, rothbraun. Die Porosität ist weitaus am stärksten in den okergelben Partien, welche in Folge dessen oft zerdrückbar oder sogar leicht zerreiblich sind, und unter dem Mikroskop sich als lose Aggregate von rhomboëdrischen Körnern zeigen, welche von theils eingeschlossenem, theils die Körner umgebendem Oker gefärbt sind. Nicht selten sind die kleinen Hohlräume in den umgewandelten Gesteinen mit Kalkspath angefüllt, welcher sich durch sehr verdünnte Säuren herauslösen lässt, ohne dass der Galmei dabei bedeutend angegriffen wird.

Aus solchen lockeren, körnigkrystallinen Aggregaten bestehen bisweilen auch die Muschelschalen. Meist jedoch sind letztere, einerlei von welcher Farbe der umgebende Galmei ist, kreideweis oder schwach gelblich, mit erdigem bis steinigem Bruchansehen, und chemisch aus reinem, eisenfreiem Zinkcarbonat, mit nur Spuren vom Calcium, bestehend.

Die Muschelkerne sind theils voll und von derselben Beschaffenheit wie die die Muschel umhüllende Masse, oder sie sind von traubigem Zinkspath unvollständig erfüllt.

Einige Stücke in Herrn Bronner's Besitz zeigen den compakten, unveränderten Encrinitenkalk, übergehend in feinkörnigen, porösen und zerreiblichen Galmei, welcher noch unangegriffene graue Encrinitenstiele eingeschlossen hält, ein Beweis, dass die Umwandlung des Kalksteins früher erfolgte als die der in demselben enthaltenen Petrefakten.

Krystalloïde Hohlräume. Als unvollendete pseudomorphe Bildungen, gleichsam als unausgefüllte Pleromorphosen lassen sich die im Wieslocher Galmei und in den damit vermengten Eisensteinen überaus zahlreich auftretenden krystallähnlichen Hohlräume oder negativen Krystalle betrachten, welche nur von früher darin eingeschlossen gewesenen und durch Auflösung daraus entfernten Körpern herrühren können. Bei oberflächlicher Betrachtung des Galmeis fallen an vielen Stücken diese Hohlräume nicht sofort auf, weil ihre Umrisse oft durch innere, meist traubige Ansätze von Zinkspath oder Eisenstein theils unregelmässig geworden, theils gänzlich verwischt sind. Ist man aber durch genauere Untersuchung von Stücken, welche diese krystalloïden Hohlräume mit grösster Deutlichkeit und in Längen bis zu 3 cm. zeigen, auf ihr Vorkommen aufmerksam geworden, so lässt sich kaum mehr ein Handstück von Galmei finden, in welchem sie nicht, theils klein, theils gross, theils ziemlich regelmässig gestaltet, theils mehr oder weniger verzerrt, zu erkennen wären. Ihre Gegenwart ist in der That so allgemein, dass man sie im Wieslocher Galmei beinahe als wesentliches Merkmal betrachten könnte. Sie sind ganz regellos gelagert, durchkreuzen den Galmei in allen Richtungen und sind von demselben allseitig umschlossen. Die Krystalle, welche sich früher in

diesen Räumen befanden, müssen daher zwar im Einzelnen für älter als die sie unmittelbar umschliessende Galmeimasse, im Ganzen aber als gleichzeitig mit dem Galmei gebildet, angesehen werden.

Die Untersuchung, von welchen Mineralien diese Hohlräume früher erfüllt waren, bietet nicht geringe Schwierigkeiten, weil die meisten derselben die Regelmässigkeit ihrer ursprünglichen Gestalt durch Inkrustationen und theilweise Ausfüllungen mit traubigen Bildungen braunen körnigen Zinkspaths und von grosskrystallinem, weissem Zinkglas, sowie auch z. Th. von Eisenoker, mehr oder weniger verloren haben, weil ferner die Endigungen meist schlecht ausgebildet und nur selten im Bruch gut zu erkennen sind, und weil endlich die Mineralien, an welche überhaupt hiebei zunächst gedacht werden kann, wie Kalkspath, Aragonit, Zinkvitriol, Anglesit, Gyps und Schwerspath, in sehr verschiedenen Ausbildungsweisen vorkommen und mehrere derselben sehr ähnliche Durchschnittsumrisse zeigen können. Die Hohlräume sind säulenförmig, am häufigsten etwas gedrungen, seltener langgestreckt, und im letzteren Fall sich nach den Enden etwas zuspitzend, wodurch oft eine nadelähnliche Gestalt erreicht wird. Ausnahmsweise treten auch tafelförmige Räume auf. Im Durchschnitt zeigen sie sechsseitige Umrisse, an welchen zwei parallele Seiten einander genähert und daher länger ausgebildet sind. Die sechs Winkel erscheinen auf den ersten Blick nicht auffallend von einander verschieden, also von annähernd 120° zu sein. Bei genauerer Besichtigung besonders gut erhaltener und günstig durchgebrochener Räume lässt sich erkennen, dass die beiden sich gegenüberliegenden Endwinkel eines etwas gestreckten Durchschnitts, stets etwas verschieden, bisweilen spitzer, oft aber auch stumpfer sind als die vier übrigen. Diese letztere Beobachtung schliesst, für die in Frage stehenden Krystalle, nicht nur den Kalkspath von der Betrachtung aus, sondern auch Zinkvitriol, Anglesit, Schwerspath und Aragonit, welche alle an den sechsseitigen Durchschnitten ihrer gewöhnlicheren, platt säulenförmigen Combinationsformen Endwinkel (Prismenwinkel) besitzen von weniger als 120°. Von obigen Mineralien ergibt nur der Gyps, und zwar in Krystallen, welche die Combination $-P$, $\infty P\grave{\infty}$, ∞P besitzen und nach $-P$ ge-

streckt sind, Durchschnitte, welche der obigen Beschreibung entsprechen. Da nun auch zur Hauptaxe geneigte Endigungen an manchen deutlicheren Individuen dieser negativen Krystalle erkennbar sind, sowie häufig schwalbenschwanzförmige Gestalten, so zweifle ich nicht daran, dass die meisten krystalloïden Hohlräume im Wieslocher Galmei von vorhanden gewesenen Gypskrystallen herrühren. Auch die nicht seltenen linsenförmigen Durchschnitte und gekrümmten Flächen deuten auf Gyps. Andere weniger häufige Hohlräume jedoch, welche Abdrücke darstellen theils von tafelförmigen, theils von nadelähnlichen Krystallen mit zur Hauptaxe senkrechten Endigungen, also von rhombischem Habitus, entsprechen ihrer ganzen Form nach so genau den im Folgenden zu beschreibenden Wieslocher Schwerspathkryställchen, dass ich einen Theil der Hohlräume diesem Mineral zusprechen möchte, obgleich ich nicht verkenne, dass es etwas schwierig ist zu erklären, wie der Schwerspath aus dem Galmei herausgelöst werden konnte. Senfft (Kryst. Felsgemengtheile, p. 326) hat indessen gezeigt, dass Schwerspath von huminsauren und quellsauren Alkalien unzersetzt aufgelöst wird. Auch haben sich an andern Orten krystalloïde Hohlräume, von Schwerspath herrührend, vorgefunden. Breithaupt erwähnt z. B. solche in Eisenkiesen (Paragenesis, p. 245).

An einzelnen Stücken habe ich in dem den Galmei begleitenden Eisenerz und im rothen Thon negative Aragonitkrystalle beobachtet, speerförmig, bis 3 cm. lang, radial gruppirt, Combination ∞P, $\infty \breve{P} \infty$; Endigung nicht erkennbar.

5. Zinkblüthe.

Zinkblüthe erscheint als kreideweisse oder graulichweisse, seltener als gelblichweisse, formlose Masse, stets sehr porös, oft erdig und zerreiblich, seltener fest. Sie tritt am häufigsten als Begleiter des grauen und des weissen Galmeis auf und sitzt stets zu äusserst als jüngstes Umwandlungsprodukt, oft mit ganz allmählichen Uebergängen. Dies zeigt sich sowohl an den Kobelsberger Stalaktiten als am ebenlägigen Galmei der Hessel, dessen dünne Lagen z. Th. durch schwach zusammenhängende Zinkblüthe von einander getrennt sind. An manchen

Punkten im Hesselfeld, wo die Lagerstätten der Erdoberfläche besonders nahe liegen, fand sich Zinkblüthe mit weissem Galmei in grösseren Massen angehäuft, stellenweise zu Tage tretend.

β. Brauneisenerz.

Limonit oder Brauneisenerz kommt in der Umgegend von Wiesloch in ansehnlicher Menge vor, in Klüften des Wellenkalks und des Hauptmuschelkalks, in letzterem gelegentlich, wie z. B. im nordöstlichen Theil des Kobelsbergs, auch in Gestalt von Bohnerz.

In den Zinkerzlagerstätten ist der Limonit ein steter Begleiter des braunen Galmeis, besonders reichlich im nördlichen Theil des Hesselfelds, am Ausgehenden der Lagerstätten, wo er den Galmei vertritt und nach der Tiefe in denselben übergeht durch allmähliche Zunahme seines selten ganz fehlenden Zinkgehalts. Er erscheint mit verschiedenen gelben, braunen bis fast schwarzen Farben und mit den verschiedensten Graden von Dichtheit und Härte. Bisweilen ist er thonig und geht in rothe und gelbe Thone über.

Die dichten Varietäten enthalten stets etwas Kieselsäure, welche an das Eisen gebunden ist, wie aus der sehr schweren Zersetzbarkeit dieser Eisensteine bei Behandlung mit Säuren hervorgeht. Nach vollständiger Zersetzung durch längeres Kochen mit Salzsäure bleibt ein an Menge geringer farbloser Rückstand von körniger Kieselsäure, welche unter dem Mikroskop durchsichtig und mit einzelnen Kryställchen von Schwerspath vermengt erscheint. Untersucht man die in verschiedenen Stadien der sehr langsamen Zersetzung erhaltenen Lösungen auf Zink, so findet man, dass die zuerst und leichter lösliche Masse (hauptsächlich Oxyd) bedeutend mehr Zn enthält als das zuletzt und äusserst schwierig sich zersetzende Eisensilikat; ein Beweis, dass, bei Gegenwart von Eisen, geringe Mengen von Kieselsäure keine Neigung haben, sich mit Zn zu verbinden, woraus vielleicht die Abwesenheit des freien Zinksilikats im Wieslocher Galmei zu erklären ist. Dagegen dürften in den Eisensteinen, welche viel reicher an Kieselsäure sind als der Galmei, neben dem Fe auch Spuren von Zn an Kieselsäure gebunden sein.

Die Arten des Vorkommens des Brauneisenerzes, wie solche im früher Gesagten mehrfache Erwähnung gefunden haben, deuten auf verschiedenartigen Ursprung dieses Minerales hin.

1. Da wo es im Kalkstein, in Thonen und im Galmei als Infiltrationsprodukt auftritt, scheint es hauptsächlich von zersetzten Kiesen herzustammen. In den Kobelsberger Lagerstätten sind noch heute ansehnliche Mengen von nur theilweise zersetztem Markasit vorhanden.

2. Bei Besprechung der Umwandlung der Blende in Galmei wurde der Limonit als gleichzeitig erfolgendes Zersetzungsprodukt angeführt. Da die meiste jetzt noch vorhandene Blende nur geringen Eisengehalt zeigt, stammt wahrscheinlich nur ein verhältnissmässig kleiner Theil der vorhandenen Eisenerze aus dieser Quelle.

3. Die oben gegebene Beschreibung des braunen Galmeis ergibt, dass Brauneisenerz auch durch Veränderung des Eisenzinkspaths und zwar in nicht ganz unbedeutender Menge, entstanden sein kann, sowie auch durch ähnliche Veränderungen in eisenhaltigen Kalksteinen.

Die wichtigste Quelle der Eisensteine waren aber jedenfalls die Markasite.

7. Eisenoker.

Gelber, brauner, oft auch schön ziegelrother Oker, obgleich selten in grösseren Mengen angehäuft, ist nichtsdestoweniger in den Erzlagerstätten sehr verbreitet, einerseits als dünner Ueberzug in Hohlräumen des Brauneisensteins und des braunen Galmeis, andrerseits in dem letzteren und in krystallin regenerirten Kalksteinen innig eingemengt. Ausserdem ist Eisenoker ein nie fehlender Begleiter des in Drusen auskrystallisirten Zinkspaths, welcher fast immer auf Oker aufsitzt und sehr häufig auch von demselben gefärbt ist. Etwas verwitterte und trüb gewordene Kryställchen sind stets mit einer dünnen Okerhaut überkleidet. Aus alledem geht hervor, dass der Oker zum Theil schon vor und bei dem Auskrystallisiren des Zinkspaths abgeschieden wurde, zum Theil durch spätere Zersetzung der gebildeten Kryställchen.

In gleicher Weise findet er sich als Ueberzug über Zinkglas, obgleich hier selbst wieder von jüngeren Zinkglaströpfchen oder Lagen überdeckt.

Auch bei der Umwandlung der Blende tritt er auf, und zwar vorzugsweise dann, wenn das Produkt der Umwandlung nicht brauner, sondern grauer Galmei war. Der mit den Zinkerzen zusammen vorkommende Oker ist stets mehr oder weniger zinkhaltig und geht bisweilen in eigentliches Zinkerz über. In einer Probe wurden 12·49% Zn nachgewiesen.

Ein nicht geringer Theil des vorhandenen Okers verdankt seine Entstehung einer oberflächlichen Veränderung des Brauneisenerzes. Dieses ist immer äusserlich von Oker umgeben mit allmählichem Uebergang in denselben. Bei dickeren Limonitmassen ist die Umwandlung in Oker oft auf kleinen Spalten und Kanälen ins Innere vorgedrungen und hat sich da an weniger dichten Stellen mit unregelmässiger Umgrenzung ausgebreitet, meist sackartige Okerpartien bildend. Manche Stücke zeigen mehrere Lagen von dichtem Eisenerz, deren jede oben mit einer dünnen Okerlage bedeckt ist, andeutend, dass der Absatz des Eisenerzes ein unterbrochener war und in den Ruheperioden eine äusserliche Umwandlung desselben in Oker stattgefunden hat.

8. Pyrolusit.

Dünne schwarze Ueberzüge von Pyrolusit finden sich nicht allein vielfach in den Eisensteinen und im braunen Galmei, sondern auch bisweilen am verwitterten Kalkstein. Seltener sind kleine derbe Massen zwischen braungelben Zinkspathkryställchen in Drusen. Dass der besonders im nördlichen Hesselfeld auftretende schwarze Galmei einer Einmengung von Pyrolusit seine Färbung verdankt, wurde schon oben erwähnt. Ueberhaupt finden sich nur da einigermassen erhebliche Mengen dieses Minerals, wo auch Zinkerz vorhanden ist, am häufigsten im rothen und braunen Galmei, und es kann keinem Zweifel unterliegen, dass der meiste in den Lagerstätten oder deren Nähe auftretende Pyrolusit, gleich einem Theil der Eisenerze, unmittelbar aus dem, nach den mitgetheilten Analysen, stets Mn-haltigen Galmei herstammt, und durch Lösungs- und Oxydationsvorgänge aus demselben abgeschieden wurde, wie solches auch aus anderen Mn-haltigen Gesteinen oft geschieht.

9. Cerussit.

Cerussit tritt bei Wiesloch in seinen gewöhnlichen Formen als Zersetzungsprodukt des Bleiglanzes auf. Letzterer ist dann von einer Hülle von Schwarzbleierz, mit Schwefelblei und Bleisulfat vermengt, umgeben. Dieses Gemenge geht nach aussen in eine poröse, hellgraue Masse über, welche ebenfalls noch Sulfat enthält, und über dieser sitzen an manchen Stellen grössere oder kleinere wasserhelle Cerussitkrystalle, die niemals einzeln aufgewachsen, sondern stets zu mehrfachen Zwillingen vereinigt und überdies noch so durcheinander geschoben sind, dass ihre krystallographische Gestalt nicht zu erkennen ist. Cerussit ist zu Wiesloch auch als Umhüllungspseudomorphose nach Bleiglanz vorgekommen (Blum, Pseud. d. Min., IV. Nachtr. p. 98). Bleiglanzoktaëder sind von Aggregaten kleiner Cerussitkryställchen umkleidet. Zwischen Glanz und Cerussit befindet sich ein Zwischenraum und in einzelnen Fällen ist der Bleiganz aus der Cerussithülle gänzlich entfernt.

10. Anglesit.

Wie der Cerussit, so ist auch das mit ihm auftretende Bleisulfat selten deutlich krystallisirt. In seinem unmittelbaren Zusammenvorkommen mit in Zersetzung begriffenem Bleiglanz und mit Cerussit ist die Gegenwart des Bleisulfats meist nur chemisch nachzuweisen. Wo es abgesondert und krystallisirt auftritt, erscheint es als jüngere Bildung, ausser aller Verbindung mit Bleiglanz, vielmehr auf den jüngsten Zinkerzbildungen, insbesondere auf dem Zinkglas aufsitzend, in Drusen des braunen Galmeis. Solche Krystalle sind theils glänzend, durchscheinend und farblos, theils matt und weisslich, säulenförmig ausgebildet, aus vielen aneinandergewachsenen dünnen Individuen zusammengesetzt und daher theils stark gestreift nach ∞P, theils faserig und oft an den Enden zerfasert, also ohne deutliche Ausbildung domatischer oder basischer Endflächen. Sie erreichen eine Länge von 1 cm.

11. Pyromorphit.

Pyromorphit findet sich in geringer Menge in der Nähe zersetzten Bleiglanzes, theils mit theils ohne Cerussit. Während letzterer meist

als Zersetzungsprodukt und in Berührung mit Bleiglanz auftritt, ist der Pyromorphit stets gewandert und auf gänzlich heterogener Masse, insbesondere auf körnigem oder krystallisirtem Zinkspath als leichter Anflug oder in äusserst feinen, gelblichen, durchscheinenden, dünn säulenförmigen Kryställchen abgesetzt, die nicht selten zu strahligen Büscheln gruppirt sind. Eine hübsche Stufe letzterer Art mit bräunlichgelben, fast durchsichtigen Krystallen findet sich in der akademischen Sammlung zu Heidelberg. Die zwar dünnen, aber scharf ausgebildeten, etwas flachgedrückten hexagonalen Prismen sind über 1 cm. lang und sitzen auf einer grauen, aus zusammengefügten Kryställchen bestehenden Kruste von Zinkspath über gelbem, okrigem Galmei. Der Pyromorphit ist eine der spätesten Bildungen in den Lagerstätten und ohne Zweifel durch Einwirkung phosphorhaltiger Infiltrationen, von verwesenden Organismen herrührend, auf die Bleierze entstanden.

12. Antimonoker.

Nach übereinstimmenden Mittheilungen von Herrn Ph. Bronner und Obersteiger Häuser sind früher, sowohl in der Hessel als im Kobelsberg, röthliche bis schwefelgelbe Thone vorgekommen, welche mit Antimonoker innig vermengt und durch denselben gefärbt waren. Bei dem starken Antimongehalt und der häufig eingetretenen Zersetzung des Bleiglanzes hat ein solches Vorkommen nichts Befremdendes.

13. Schwerspath.

Das überaus häufige Auftreten von feinvertheiltem Schwerspath im Wieslocher Galmei erschien mir bei der ersten Entdeckung auffallend, da ein solches Zusammenvorkommen meines Wissens bis jetzt nicht beobachtet wurde. Bei näherer Untersuchung ergab sich indessen, dass die die Erzlagerstätten überlagernden Muschelkalkschichten zwar geringe, aber doch leicht nachweisbare Mengen von Bariumcarbonat enthalten, und sonach, wie der Gyps, so auch der Schwerspath in genetische Beziehungen zum Galmei gebracht werden kann.

Tafeln. Grössere, farblose, durchsichtige Tafeln von Schwerspath, bis 5 mm. lang und 4 mm. breit, sieht man nicht selten in

Drusen des Galmeis auf krystallisirtem Zinkspath oder auf braunem Galmei aufsitzen. Man möchte diese Tafeln ihrer Association wegen für Kieselzinkerz ansprechen. Bei chemischer Untersuchung erweisen sie sich aber in allen Fällen als Schwerspath. Sie zeigen auch die gewöhnlichsten Kombinationen des letzteren, und zwar entweder: $\infty\breve{P}\infty$, $\infty\breve{P}2$, $\breve{P}\infty$; oder: $\infty\breve{P}\infty$, $\bar{P}\infty$. Die Krystalle von der zuletzt angeführten Kombination sind gewöhnlich sehr dünn, bisweilen wie Papier.

An einzelnen Stufen lässt sich beobachten, dass Schwerspathtafeln, mit vollkommener Beibehaltung der Flucht ihrer brachypinakoïdalen Flächen, in vorhandene Aggregate von Zinkspathkryställchen hineingewachsen sind und die in diesem Aggregate gelassenen Zwischenräume vollständig erfüllt haben. Sie sind sogar in solche Zwischenräume mit Vorliebe hineingewachsen, so dass ein und derselbe Schwerspathkrystall, der zum Theil mit freier domatischer Endigung ausgebildet, zum Theil in Zinkspathaggregate hineingewachsen ist, sich innerhalb der letzteren viel weiter vorwärts erstreckt als an den Stellen seiner freien Ausbildung. Legt man eine solche Zinkspath-Schwerspath-Druse in erwärmte Salzsäure, so löst sich der Zinkspath auf und die Schwerspathtäfelchen fallen heraus. Bei Betrachtung der letzteren unter dem Mikroskop erkennt man die scharfen Eindrücke der Zinkspathrhomboëderchen in den Flächen und an den dadurch seltsam gezackt erscheinenden Rändern der Schwerspathtafeln. Dieser farblose und tafelförmige Schwerspath ist also jüngerer Entstehung als der krystallisirte Zinkspath.

N a d e l n. Weit häufiger als in grösseren Tafeln tritt aber der Schwerspath in Gestalt dünner Nädelchen auf. Ich wurde auf dieses Vorkommen zuerst dadurch aufmerksam gemacht, dass in manchen Zinkspathdrusen sich Bildungen vorfinden, welche sich nicht treffender beschreiben lassen, als wenn man sie vergleicht mit Stangen von krystallisirtem Kandiszucker. Ihre Hauptmasse besteht aus Krystallaggregaten von Zinkspath, welche Aggregate, obgleich von rauher und sehr unregelmässiger Umgrenzung, durch eine im Allgemeinen geradlinige Längenausdehnung auffallen. Sie sind stangenförmig. Bricht man

eine solche Stange quer durch, so sieht man in der Mitte einen dünnen, oft erst mit der Lupe erkennbaren, Kern von nahezu derselben bräunlichgelben Farbe wie die der dicken Zinkspathumhüllung. Löst man den Zinkspath durch Salzsäure auf, so bleibt ein feines, höchstens $^1/_2$ mm. dickes und bis zu 1 cm. langes Nädelchen zurück, durchscheinend bis durchsichtig, gelblich gefärbt, welches in Königswasser gekocht seine Färbung ganz oder grösstentheils verliert. Unter dem Mikroskop erweisen sich solche Nädelchen nach ihrer Krystallisation und Spaltbarkeit als scharf ausgebildete Schwerspathkrystalle von der Kombination: $\breve{P}\infty$, $\infty\breve{P}\infty$, $\infty\breve{P}n$, $\bar{P}\infty$; nach $\breve{P}\infty$ in die Länge gezogen und oft sich nach dem Ende etwas zuspitzend. Die Zuspitzung, welche schon mit freiem Auge oder wenigstens mit der Lupe erkennbar ist, zeigt sich unter dem Mikroskop als nicht fortlaufend, sondern absatzweise hergestellt. Die Nadeln erscheinen als Parallelaggregate dünnerer Nädelchen, und die Zuspitzung ist dadurch hervorgebracht, dass die äusseren Individuen einer Gruppe kürzer sind als die inneren.

Auch etwas dunkler gefärbte und trübe Kryställchen erscheinen bei starker Vergrösserung in ihrer Hauptmasse durchsichtig, nur enthalten solche unregelmässig vertheilte, mikroskopische Einschlüsse von hydrirtem Eisenoxyd.

Da diese Schwerspathnadeln mit krystallisirtem Zinkspath umkleidet sind, müssen sie älterer Entstehung sein als dieser und folglich auch älter als die oben beschriebenen grösseren, farblosen Tafeln von Schwerspath.

Auf dieses Vorkommen von mikroskopischem Schwerspath einmal aufmerksam gemacht, unterwarf ich die Lösungsrückstände verschiedener Wieslocher Galmei-, Eisenstein- und Kalkstein-Proben einer mikroskopischen Prüfung und fand in keinem der Kalksteine, dagegen in den verschiedensten Galmeisorten, insbesondere in den okerigen, sowie auch in Eisensteinen, bald mehr bald weniger Schwerspathnädelchen eingemengt. Das Auftreten dieses Minerals ist also hier nicht als ein blos zufälliges, sondern als ein mit der Entstehung des Galmeis in Zusammenhang stehendes zu betrachten. Da die den Galmei über-

lagernden Kalksteine auch Spuren von Strontium enthalten, mögen manche dieser Nädelchen dem Cölestin angehören.

14. Gyps.

Oben wurde schon nachzuweisen versucht, dass die krystalloïden Hohlräume im Galmei vorzugsweise von Gyps herrühren, welcher aber jetzt gänzlich verschwunden ist.

An einem Stück braunen Galmeis von der Hessel habe ich kleine verwirrte Aggregate von dicksäulenförmigen, mit zarter Längsstreifung versehenen Gypskryställchen bemerkt, welche auf Brauneisenerz aufsitzen und dasselbe durchdringen. Stellenweise ist der Gyps theilweise aus dem Erz herausgelöst und entfernt. Es ist dies das einzige mir vorgekommene Stück, dessen Beschaffenheit auf die Art der Entstehung der krystalloïden Hohlräume unmittelbar hinweist. An letzteren habe ich allerdings eine Längsstreifung nicht beobachtet; doch ist leicht einzusehen, dass eine solche schon durch die zartesten Inkrustationen verdeckt werden muss.

Andere jetzige Gypsvorkommnisse sind selten, unbedeutend und von jüngster Entstehung. Auf der Oberfläche der Schalenblende kommen bisweilen flache, mit dem klinodiagonalen Pinakoïd an der Blende anliegende, farblose Gypstäfelchen vor. In der Wieslocher Schulsammlung finden sich einzelne Stücke eines zersetzten, thonigen Kalksteins mit flachen Drusen kleiner, undeutlicher, graulichweisser Gypskrystalle, flach säulenförmig, längsgestreift, zum Theil von blättrigem Ansehen, mit deutlich klinoëdrischer Endigung, selten zu Zwillingen verwachsen.

15. Kalkspath und Kalkstein.

Eine für die Entstehungsweise des Wieslocher Galmeis, wie ich später zeigen werde, bedeutsame Thatsache ist das fast gänzliche Fehlen des Kalkspaths in den Erzen der Lagerstätten, obgleich dieselben von Kalksteinen rings umgeben sind und in diesen Kalksteinen, krystallisirter und krystalliner Kalkspath keine Seltenheiten sind.

Wie an andern Orten so ist auch bei Wiesloch der graue Muschel-

kalk gelegentlich von hellfarbigen grosskrystallinen Kalkspathadern durchzogen und es finden sich mehrere Centimeter lange spitze Kalkspathskalonëder in Drusen auskrystallisirt. Solche Adern und Drusenfüllungen sind in vielen Fällen nicht als reine Infiltrationen zu betrachten, sondern zum Theil als Erzeugnisse einer Umkrystallisirung des Kalksteins, als ein durch Lösungen angegriffener und mit grosskrystallinem Gefüge regenerirter Kalkstein. Dies geht daraus hervor, dass sich zwischen diesen Neubildungen und dem unveränderten Muschelkalk keine irgendwie scharfen Grenzen ziehen lassen. Wenn man einen solchen umkrystallisirten Kalkstein in Säuren löst und den unlöslichen Rückstand unter dem Mikroskop betrachtet, findet man darin die gleichen Bestandtheile wie in dem bei Auflösung des unveränderten Kalksteins erhaltenen Rückstand, hauptsächlich Kieselthon, vermengt mit Theilchen von rothem oder bräunlichem Eisenkiesel. Daneben finden sich aber in dem Rückstand des umkrystallisirten Gesteins noch kleine Asphaltkügelchen, welche in dem Rückstand von der unveränderten Masse nicht zu erkennen sind. Hier liegen also, wenn auch weniger deutlich hervortretend, dieselben Erscheinungen vor, welche ich in meiner Schrift über „Die Blei- und Zinkerzlagerstätten von Südwest-Missouri“ p. 34 beschrieben habe. Auch hier hat sich der im ursprünglichen grauen Kalkstein äusserst fein vertheilte organische Farbstoff bei der Umkrystallisirung zu erkennbaren Kügelchen angesammelt, ein Zeichen, dass mit der Strukturveränderung des Gesteins ein Sublimationsprozess einherging und dass vermuthlich während derselben eine erhöhte Temperatur herrschte. Die Farbe solcher umkrystallisirter Kalksteinpartieen ist stets hell, oft von etwas ausgeschiedenem Oker gelblich gefärbt. Die chemische Untersuchung einer Probe ergab nur 0·97 % Mg, kein Zn, kein an CO_2 gebundenes Fe, 14·26 % kieseligthoniger Rückstand. Aehnliche Vorkommnisse sind auch in der Umgebung der Raibler Lagerstätten von Pošepny beobachtet worden (Jahrb. der k. k. geol. R. A. 1873. XXIII. p. 337).

Wo der Kalkspath bisweilen in den Erzen selbst auftritt, erscheint er stets als jüngste und wahrscheinlich ganz neuzeitliche Bildung, und nicht in skalenoëdrischer, sondern, soweit meine Beobachtung reicht,

nur in rhomboëdrischer Gestalt, theils in einzelnen Krystallen, theils als zusammenhängende Krusten, auf Blende sowohl als auf krystallinem und krystallisirtem Zinkspath aufsitzend. Die Krystalle sind bisweilen milchweiss und undurchsichtig, meist von der Form —2 R, seltener in flachen, verdrückten und etwas gewundenen, dicht zusammengedrängten Rhomboëdern, dem sogenannten „Papierspath" etwas ähnlich.

In alten Bauen, welche wahrscheinlich aus dem 11. Jahrhundert herrühren, sind reichliche Tropfsteinbildungen angetroffen worden.

16. Bitterspath und Dolomit.

Der gewöhnliche Muschelkalk hält, auch in der Nähe der Erzlagerstätten, sehr wenig Magnesium. Ein grauer krystalliner Kalkstein, mit vielen undeutlich gewordenen, aber weiss gebliebenen Muscheleinschlüssen und mit Flecken von hellem Kalkspath und gelbem Eisenoker, also augenscheinlich etwas verändert, unmittelbar über dem Deckstein der Kobelsberger Lagerstätten liegend, ergab mir nur 0·26% Mg. Eine zu Bensberg ausgeführte Analyse des kryptokrystallinen grauen Kalksteins der erzführenden Schicht ergab 0·71% Mg. In dem an Encriniten reichen krystallinen Deckstein der Erzlagerstätten, der sogenannten „oberen Encrinitenschicht", im Kobelsberg wurde 5·04% Mg gefunden.

Der Muschelkalk findet sich indessen, und zwar auch fern von den Erzlagerstätten, oft örtlich dolomitisirt, womit die Annahme einer braungelben Färbung und eines meist feinen und gleichmässigen, körnig-krystallinen, mehr oder weniger porösen Gefüges verbunden ist. Solche Veränderungen gehen gewöhnlich von Schichtungs- oder Kluftflächen aus und verbreiten sich allmählich ins feste Gestein. Die auf diese Weise entstehenden Gesteinsübergänge sind bisweilen so rapid, dass sie schon an grösseren Handstücken deutlich erkennbar sind. Eine qualitative Untersuchung eines solchen Stückes, welches den Uebergang von grauem Kalkstein in gelben Dolomit zeigt und einem Steinbruch oberhalb des Postwegstollens in der Hessel entnommen ist, also nicht aus der unmittelbarsten Nähe einer Lagerstätte stammt, ergab im gelben Theil bedeutende Mengen, im grauen dagegen nur Spuren von Mg.

Zink war in keinem der beiden Theile vorhanden, obgleich der erwähnte Steinbruch nur wenige hundert Schritte von dem nächsten Erzvorkommen entfernt ist. Es liegt also hier eine ganz unzweifelhafte Dolomitisirung vor und zwar ohne alle Beziehungen zu dem Erzvorkommen.

An manchen Orten sind die Poren eines durch Dolomitisirung porös gewordenen Kalksteins durch spätere Infiltration wieder mit Kalkspath vollständig ausgefüllt, so dass wieder ein ganz dichtes Gestein entsteht, welches aber unter dem Mikroskop leicht als ein Gemenge von weissem Kalkspath mit gelbem Bitterspath zu erkennen ist und aus welchem sehr verdünnte kalte Salzsäure zuerst nur Ca auszieht unter sehr lebhaftem Brausen. Später wird das Brausen viel ruhiger, die aufsteigenden Bläschen kleiner, und wenn man nun die Flüssigkeit entfernt und durch frische Säure ersetzt, findet man, dass sich nunmehr, ausser Ca, auch grosse Mengen von Mg und etwas Fe auflösen. Die Hauptmasse des Fe löst sich aber erst beim Erhitzen mit starker Säure unter Abscheidung von flockiger Kieselsäure. Es ist also auch hier, wie beim braunen Galmei, das Fe zum Theil an SiO_2 gebunden und als kieseliges Eisenerz mechanisch den Spathen beigemengt.

In unmittelbarer Nähe der Erze tritt die Dolomitisirung in grösserem Massstab auf und ist da auch meistens mit einer gleichzeitigen Aufnahme von Zink verbunden. Wie oben schon angeführt, bewirkt die Ersetzung des Ca durch Zn äusserlich ganz die gleichen Veränderungen im Kalkstein wie die Ersetzung des Ca durch Mg. Beide Vorgänge scheinen unter Umständen Hand in Hand gegangen und bald der eine, bald der andere vorwiegend gewesen zu sein, wie aus mehrfachen Untersuchungen solcher Umwandlungserzeugnisse hervorgeht. So hat Herr Jammes, im Centrallaboratorium der Rhein. Nass. Gesellschaft, ein solches Erzeugniss, welches ich dem nördlichen Theil der westlichen Lagerstätte im Kobelsberg entnommen hatte, analysirt; und schon früher Clauss (26. Jahrb. d. Mannh. Ver. f. Naturk. p. 52) umgewandelte Theile des an Encriniten reichen Kobelsberger Decksteins untersuchen lassen. Stellt man die dabei erhaltenen Ergebnisse zusammen mit den oben angeführten, die theils von Herrn Zörnig in

Bensberg, theils von mir selbst erhalten wurden, so ergibt sich folgende Uebersicht des Gehalts an Mg, Zn und Fe in verschiedenen kalkigen Gesteinen aus unmittelbarer Nähe der Erzlagerstätten:

	Aeusserlich wenig veränderte Massen.				Aeusserlich stark veränderte Massen.			
	„Erzführender Kalk.“	„Deckstein.“	Schichten nahe über dem Deckstein.		„Erzführender Kalk.“		„Deckstein“ (obere Encrinitenschicht).	
	Zörnig.	Zörnig.	Schmidt.	Schmidt.	Jammes.	Zörnig.	Clauss.	Clauss.
Ca					16·56		26·83	24·03
Mg	0·71	5·04		0·26	10·18	0·95	8·59	7·67
Zn			0·24	0·03	9·15	41·39	0·46	2·83
Fe			0·69	0·47			0·91	4·37
Mn							Spur	0·90
Pb							0·09	Spur

Da ein eigentlicher Dolomit (reines Bitterspathgestein) etwa 13 % Mg enthält, so ist aus obigen Analysen des veränderten Decksteins und erzführenden Kalkes ersichtlich, dass der Dolomitisirungsgrad dieser Gesteine stellenweise dem höchsten, der überhaupt erreichbar ist, nicht sehr ferne steht. Denn Dolomite oder überhaupt CaMg-Carbonate mit mehr als 13 % Mg kommen bekanntlich in der Natur nicht vor, und dieser Gehalt wird, selbst im krystallisirten Bitterspath, nur selten vollkommen erreicht.

Aus obiger Zusammenstellung lässt sich ausserdem erkennen, wie sehr der Gehalt an Mg und an Zn in den den Erzlagerstätten naheliegenden Schichten wechselt, und dass keine Beziehungen zwischen beiden Gehalten bestehen und folglich die Aufnahme von Zn und die Dolomitisirung als zwar ähnliche, aber von einander unabhängige, örtlich beschränkte Vorgänge aufzufassen sind. Die Erzeugnisse solcher zweifacher Umwandlungsvorgänge lassen sich kurz als „Zinkdolomite“ bezeichnen.

Manche Schichten des Wieslocher Muschelkalkes, theils oberhalb, theils unterhalb des Erzvorkommens, sind stellenweise von dünnen Schnüren und von mehrere Centimeter dicken Adern von bläulichgrauer,

dolomitischer, meist körnig krystalliner Masse durchzogen, welche sich bei mikroskopischer wie chemischer Untersuchung als ein Gemenge von reinem Kalkspath mit eisenhaltigem, aber meist zinkfreiem Bitterspath ergibt. Auch aus diesem Gestein zieht verdünnte, kalte Säure zuerst Ca aus, und die Masse zerfällt dabei in graubraune Körner, welche sich bei fortgesetzter Einwirkung langsam auflösen und aus einem Carbonat von Mg, Fe und Ca bestehen. Der Kalkspath bildet also das Bindemittel der Bitterspathkörner im Gestein. Dieses Verhalten einerseits und andrerseits der Umstand, dass sich in grösseren Drusen, in der Mitte dickerer Stellen solcher Adern, reiner, grosskrystalliner Kalkspath abgesetzt und bisweilen die Drusenräume gänzlich ausgefüllt hat, machen es wahrscheinlich, dass auch bei diesen Vorkommnissen der Kalkspath nicht gleichzeitiger Entstehung mit dem Bitterspath, sondern erst später in vorher gebildete, lockere krystalline Aggregatmassen des letzteren infiltrirt worden ist.

17. Realgar.

Realgar und Auripigment sind nur an einer Stelle, in der Nähe des früher erwähnten Vorkommens von cadmiumreichem Zinkglas, angetroffen worden, in einer Kluft des die Erze überlagernden Kalksteins.

Der Realgar bildet in den mir zu Gesicht gekommenen Stufen mehrere Centimeter lange, etwa 2 mm dicke Prismen, die radial gruppirt an den Kalksteinwänden anliegen. Die Spaltbarkeit ist sehr deutlich, dagegen sind keine bestimmten Krystallflächen erkennbar.

Das Auripigment tritt dicht bei dem Realgar als dicker, traubigschaliger Ueberzug über dem Kalkstein auf.

Beide Mineralien sind von später hinzukrystallisirtem Kalkspath umgeben. Ihr Vorkommen steht in keiner erkennbaren Beziehung zu den Erzlagerstätten. Doch können sie füglich als gewanderte Zersetzungsprodukte arsenhaltiger Markasite betrachtet werden.

18. Thon.

Weisse, gelbe, rothe und graue Kieselthone kommen allenthalben in den Erzlagerstätten vor, theils für sich, theils in den Erzen und

Eisensteinen innig eingemengt und bei der Auflösung als Rückstand verbleibend. Selbst viele äusserlich rein aussehende Zinkspathkryställchen hinterlassen einen solchen Rückstand. In verschiedenen Wieslocher Galmeisorten wurde von 3 bis gegen 20% Kieselthon nachgewiesen, in den dortigen Eisenerzen steigt er bisweilen sogar auf gegen 30%. Dies weist entschieden darauf hin, dass solche Thone bei der Erzbildung eine Rolle gespielt haben, jedenfalls zu ungefähr gleicher Zeit mit letzteren müssen in ihre gegenwärtige Form und Lage gebracht worden sein.

Unter dem Mikroskop erscheinen die Thone, wie auch die erwähnten Rückstände, als hauptsächlich bestehend aus einem Gemenge von farblosen, durchsichtigen Quarzsäulchen, bisweilen an beiden Enden zugespitzt, meist jedoch rundlich und schlecht ausgebildet, mit undurchsichtigen, weissen oder grauen, schuppig-körnigen Aggregaten von Thon. Dazwischen finden sich die färbenden Stoffe, welche beim schneeweissen Thon fein vertheilte Zinkblüthe, beim grauen organische Beimengungen sind. Die Farbe der rothen, gelben und braunen Thone rührt zwar vorzugsweise von nur beigemengten, mehr oder weniger wasserhaltigen und sich roth brennenden Eisenoxyden her; doch ist in diesen Thonen auch ein Theil der Quarz- und Thonpartikel selber hellroth bis braun gefärbt. Stellenweise sind auch kleine Spaththeilchen zu erkennen.

Die chemische Untersuchung der verschiedenen Thone hat in fast allen einen kleinen Gehalt an Ca, bis etwa 1% ergeben, Spuren von Mg und mehr oder weniger Zn. Doch sind manche unrein gelbe und manche, den Kalkstein unmittelbar überkleidende, graublaue Thone frei von Zn. Der ganz weisse, stark Zn-haltige Thon wurde in grösserer Menge nur unmittelbar über derbem Zinkerz abgelagert gefunden. An erzfreien Stellen der Wieslocher Baue ist der Thon meist fein und zart und von grauer Farbe. Wo der Thon hellgelb, roth oder braun gefärbt ist, wird er stets auch Zn-haltig und bildet, unter steter Zunahme des Eisen- und Zinkgehalts, Uebergänge in okrigen Kieselthon mit beispielsweise 12% Zn (in einer untersuchten Probe) und endlich in die verschiedenen, stets mit Kieselthon innig vermengten oxydischen Zinkerze.

In der Blende beträgt der thonige Rückstand gewöhnlich weniger als $^1/_2$ %.

Uebergänge aus Kalkstein. Die Thone zeigen, ausser diesen Uebergängen in Zink- und Eisenerze, auch solche in Kalkstein. Dies ist hauptsächlich mit den grauen oder unrein gelben der Fall. Der Kalkstein verwandelt sich in der Nähe von Klüften und Hohlräumen, insbesondere wenn dieselben erzführende sind, in eine graue oder graugelbe, thonig-kalkige, sektile Masse von sehr feinem Korn und speckigem Ansehen, welche Masse selber wieder an ihrer Aussenfläche in kalkigen Kieselthon verwandelt ist. Dies ist eine bei vielen Kalksteinen der verschiedensten Gegenden und Formationen ganz gewöhnliche Erscheinung, welche durch die allmähliche Auslaugung des Kalks verursacht wird. Dieser Vorgang hat naturgemäss eine Concentration des in dem Gestein vorhandenen Thongehalts zur Folge und läuft in eine Erzeugung von Mergel und schliesslich von kalkfreiem Kieselthon aus.

Ursprung. Da die Blende bei ihrer Auflösung einen nur sehr geringen Rückstand hinterlässt, so kann der Ursprung der in den Galmeiablagerungen in so grossen Mengen auftretenden Thone nur in der eben erwähnten Umwandlung der Kalksteine gefunden werden. Aus der in Abtheilung C dieser Arbeit folgenden näheren Beschreibung der Wieslocher Lagerstätten wird hervorgehen, dass der Galmei zu nicht geringem Theil in Thone infiltrirt erscheint, dass folglich die Thonbildung der Galmeibildung theilweise muss vorangegangen sein. Der starke Thongehalt des Galmeis selbst deutet auf beständige Thonabsätze während der Erzbildung, und endlich liegen auch Beweise vor, dass die Thonbildung nach Absatz des Galmeis fortdauerte. Der Galmei ist nämlich auch da, wo er in grösseren, festen Massen vorkommt, fast immer durch eine wenig oder kein Zink haltende, graue Thonlage vom Kalkstein getrennt, und zwar nicht allein unten, sondern auch an den vertikalen und oft stark gewellten und stellenweise hohl ausgewaschenen Wänden, also unter Umständen, welche keine andere Deutung zulassen als die, dass sich der Galmei an wellig ausgewaschene, feste Kalksteinwände ansetzte und dass die zwischen beiden befindliche und allen Windungen der Berührungsfläche folgende

Thonlage erst nachträglich durch Auslaugung des Kalksteins entstanden sei. Den gleichen Beweis liefert ein anderes Vorkommen hinsichtlich des Bleiglanzes. Ein ehedem scharfeckiges Stück Kalkstein ist in Bleiglanz eingeschlossen und grossentheils in eine thonige Masse verwandelt unter starkem Verlust an Volum und unter Einbusse seiner scharfeckigen Gestalt, welche aber noch als Abdruck in dem umgebenden Bleiglanz deutlich zu erkennen ist. Diese beiden Beispiele zeigen, dass die Thonbildung aus Kalkstein auch nach Ablagerung der Erze noch fortdauerte. Dieselbe muss daher als ein neben der Erzbildung in unabhängiger Weise einhergehender Vorgang betrachtet werden.

Verschwemmung. Die wenigsten der in den Lagerstätten vorhandenen Thone finden sich noch ganz an dem Ort ihrer Entstehung, sondern sie sind theils in Hohlräumen und Spalten zusammengeschwemmt, theils auf geringere oder grössere Entfernungen fortgewaschen worden. Diese letzteren zeichnen sich durch Gleichmässigkeit von Farbe und Korn aus. Sehr feine und gleichartige Thone (so dass sie als Malerfarben dienen könnten), meist von kaffeebrauner Färbung, finden sich oft, in Drusen des braunen Galmeis, zwischen und über den Zinkspathkryställchen abgesetzt.

Paragenesis der Wieslocher Mineralien.

Schwefelverbindungen. Aus den obigen Ausführungen ergibt sich, dass, im Allgemeinen betrachtet, die Schwefelverbindungen, Markasit, Blende und Bleiglanz, wo sie überhaupt auftreten, die ältesten Mineralien der Wieslocher Lagerstätten waren und sich unmittelbar an den Kalkstein angelagert haben. Von diesen Sulfiden selbst kann keines als das durchgängig ältere oder jüngere betrachtet werden. Sie haben sich abwechselnd und in unregelmässiger Reihenfolge gebildet. Doch scheint bei diesen wechselnden Ansätzen der Markasit fast immer den Anfang gemacht zu haben, und wo Markasit in grösseren Massen oder dickeren Lagen auftritt, ist er stets das älteste dieser Mineralien.

Später setzte sich Blende, innig vermengt mit Kies, als krypto-

krystalline Kiesblende ab. Dann folgte die Schalenblende, deren Bildung bisweilen noch von Markasitabsätzen unterbrochen wurde.

Zu der Schalenblende gesellte sich von vorneherein auch Bleiglanz, theils innig vermengt, theils zwischengelagert. Der Bleiglanzabsatz nahm aber mit der Zeit verhältnissmässig zu, der der Blende dagegen ab. Als Abschluss der Bildung der Schalenblende findet sich stets eine dicke Lage oder einzelne grosse Krystalle von Bleiglanz. Damit war aber auch die Erzeugung des Bleiglanzes erschöpft, und die späteren Absätze geschwefelter Erze sind frei davon.

Diese späteren Absätze, welche man als Erzeugnisse einer zweiten Bildungsperiode auffassen kann, stehen ihrer Masse nach weit zurück hinter den Erzeugnissen der Schalenblendeperiode. Sie unterscheiden sich äusserlich von den letzteren durch zwar oft recht feinkörniges, doch stets noch als phanerokrystallin zu bezeichnendes Gefüge und durch graue bis schwarze Färbungen. Sie bestehen zuerst wieder aus innigen Gemengen von Kies und Blende, und zuletzt aus reiner krystalliner Blende von massigem Aufbau.

Für die Altersfolge der Schwefelverbindungen lässt sich daher folgende Reihe aufstellen:

Markasit, Kiesblende, Schalenblende, Bleiglanz,	ältere oder Schalenblendeperiode.
Krystalline Kiesblende, Körnige Blende,	Jüngere Periode der phanerokrystallinen Bildungen.

Oxydische Mineralien. Die oxydischen Mineralien sind, wo sie überhaupt bei Wiesloch mit den Sulfiden zusammen vorkommen, stets später gebildet und zum Theil nachweislich aus jenen entstanden. Aus den vielen im vorliegenden Abschnitt mitgetheilten Beobachtungen ergeben sich folgende fünf getrennte paragenetische Reihen (ungefähr gleichzeitige Bildungen sind durch Klammern zusammengezogen).

1. Markasit,
   Limonit,
   Eisenoker.

2. Blende,
Gyps (negative Krystalle),
Schwerspath-Nadeln,
Körniger Galmei,
Limonit,
Eisenoker,
Pyrolusit,
Zinkspathkrystalle,
Zinkglas,
Schwerspathtafeln,
Zinkblüthe.

3. Bleiglanz,
Bleisulfat,
Cerussit,
Antimonoker,
Pyromorphit.

4. Kalkstein,
Dolomit,
Poröser Galmei,
Kalkspath.

5. Kalkstein,
Thon,
Zn-haltige Eisenthone,
Verwaschene Thone,
Feinste Farbthone.

Diese fünf Reihen lassen sich, nach den vorausgegangenen Darstellungen, so miteinander parallelisiren, wie das folgende Schema angibt, in welchem annähernd gleichzeitige Bildungen der verschiedenen Reihen wagrecht neben einander gestellt sind.

Kalkstein.				
		Markasit.	Blende.	Bleiglanz.
Thon. Eisenthone.	Dolomit, Poröser Galmei.	Limonit.	Gyps (neg. Kryst.), Schwerspathnadeln, Körniger Galmei, Limonit.	
Verwaschene Thone.		Eisenoker.	Eisenoker, Pyrolusit.	Bleisulfat, Cerussit, Antimon-oker.
Feinste Farbthone.			Zinkspathkrystalle, Zinkglas.	
	Kalkspath.		Schwerspathtafeln, Zinkblüthe.	Pyromorphit.

B. Geognostische Verhältnisse.

I. Allgemeine Geognosie der Umgebung der Lagerstätten.

Die geographische, topographische und geognostische Lage und Beschaffenheit der Gegend zwischen Heidelberg und Wiesloch und diejenige der Wieslocher Erzfelder in der Hessel und im Kobelsberg wurden in der „Einleitung“ in allgemeinen Zügen dargestellt. Wenn man sich die das Rheinthal begrenzende Hügelreihe von Norden nach Süden durch eine lothrechte Ebene durchschnitten denkt, so erhält man den in Fig. 1, Taf. XI, dargestellten Durchschnitt der Schichtenfolge von Heidelberg über Leimen und Nussloch nach Wiesloch. Der bei Heidelberg den Granit und das Rothliegende überlagernde Buntsandstein beherrscht das ganze Gebiet von da bis Nussloch und senkt sich etwas südlich von letzterem Orte unter den Muschelkalk, aus dessen verschiedenen Abtheilungen der westliche Gebirgsabhang zwischen Nussloch und Wiesloch zusammengesetzt ist, d. h. der Ludwigsberg und

die ganze sogenannte Hessel. Da der Buntsandstein sich von Heidelberg nach Süden auf eine Entfernung von nahezu 10 Kilometer erstreckt und dessen Mächtigkeit etwa 400 Meter beträgt, so muss hier das allgemeine Einfallen der Schichten, aus diesen Daten berechnet, annähernd 2^{0} betragen.

Die Gliederung des Muschelkalks ist in diesem südwestlichen Theil des Odenwald-Gebirges im Allgemeinen die folgende (vgl. Benecke und Cohen. Geognostische Beschreibung der Umgegend von Heidelberg. Heft II):

Unterer Muschelkalk oder „Wellenkalk".

a) Wellendolomit, ohne scharfe Grenze gegen den Röth des Buntsandsteins, besteht aus Dolomiten, zu unterst zellig, dann dicht und dünnplattig, mit blaugrauen Mergeln wechsellagernd, dann krystallin und dickbankig, zu oberst knollig und in die welligen Kalksteine übergehend. Versteinerungen: *Gervillia socialis,* Myophorien, Lima, Pecten, Trochiten. Grösste Mächtigkeit 30—40 m.

b) Eigentlicher Wellenkalk, bestehend zu unterst aus 35—40 m. blauen welligen Kalken, mit einzelnen Thonschichten mit *lima lineata*; darüber folgt eine etwa 0·3 m. dicke, fossilreiche Bank von festem, splitterndem, blauem Kalkstein, die Spiriferinenbank, mit vielen *spirifera hirsuta, sp. fragilis,* ferner *ostrea* und *lima*; darüber wieder 12—25 m. welliger Kalk, in dessen obersten Schichten sich Einlagerungen einer Art von Schaumkalk befinden, einem tiefblauen, oft oolithischen Kalkstein, welcher an der Luft braun und porös und zuletzt mulmig und leicht zerreiblich wird, und Bruchstücke von Muscheln und Crinoïdeen enthält.

c) Bituminöse Mergel und Schiefer, abwechselnd mit festen Lagen von je 2—4 cm. Dicke. Ganze Mächtigkeit 5—6 m., mit *myophoria orbicularis, gervillia costata,* etc.

Mittlerer Muschelkalk oder „Anhydritgruppe".

Diese umfasst bei Wiesloch:

Dolomitische Kalke, ebenflächig, blaugrau, durch Verwitterung gelb werdend; stellenweise etwas bituminös und beim Zerschlagen

einen entsprechenden Geruch von sich gebend, „Stinkkalk" der Bergleute.

Rauchwacken, zellige Kalke und Dolomite nebst ausgelaugten Brekzien.

Bituminöse Mergel, dünnschiefrig, oft mit grauen Hornsteinknollen.

Die Lagerungsfolge und Mächtigkeit dieser Gesteine bei Wiesloch kann wegen zu schwacher Vertretung und Mangel an Aufschlüssen nicht angegeben werden.

Oberer oder Haupt-Muschelkalk.

Diese Schichtengruppe zerfällt bei Wiesloch in zwei Abtheilungen, nämlich den Trochitenkalk und den darüberliegenden Nodosuskalk, welche sich im Allgemeinen dadurch unterscheiden, dass der erstere hauptsächlich aus dickeren, festen Kalksteinbänken besteht, welche zum Theil zahlreiche Encrinitenstielglieder (Trochiten) enthalten, während der Nordosuskalk zumeist von dünnplattigen Kalksteinen und dazwischen gelagerten Thonschichten gebildet ist, keine Trochiten enthält, dagegen durch *Amonites nodosus* paläontologisch charakterisirt ist.

a) Trochitenkalk, dem die Erzablagerungen fast ausschliesslich angehören, umfasst zu unterst feste, oft knollige Kalkbänke, darüber theils wulstige Plattenkalke mit eingeschalteten Thonlagen, fossilreich, die Platten oft mit vielen *Corbula gregaria* bedeckt, theils auch harte, blaue, fossilfreie Kalksteine mit Kalkspathdrusen und knolliger Oberfläche, darüber die eigentlichen Trochitenschichten mit zahlreichen Stielgliedern von *Encrinus liliiformis* (die spezielle Gliederung dieser hauptsächlich erzführenden Schichten wird im zweiten Theil dieses Abschnittes behandelt werden).

Gesammtmächtigkeit des Trochitenkalks 30 bis 40 m.

b) Nodosuskalk begreift zu unterst dünnplattige, dunkelblaue Kalke mit *pecten discites*, Disciteskalk, mit von Muscheln herrührenden Hohlräumen, die mit braunem Bitterspath erfüllt sind; dann dünnschiefrige Thone, ausser dem *amonites nodosus* auch *gervillia socialis*, *myophoria vulgaris*, *pecten discites*, *terebratula vul-*

garis enthaltend; zu oberst einige dicke Kalkbänke, aussen oft rauh und zerfressen, ebenfalls reich an obigen Muscheln, deren Schalen hier stellenweise in Chalcedon verwandelt sind.

Die Gesammtmächtigkeit des Nodosuskalks beträgt bei voller Ausbildung 40 bis 50 m.

Die an anderen Orten auftretende oberste Abtheilung des Hauptmuschelkalkes, aus theils rauhen dolomitischen, theils thonigen und glaukonitischen Kalken bestehend, ist in der unmittelbaren Umgegend von Wiesloch nicht beobachtet worden.

Die horizontale Verbreitung der beschriebenen Schichtenreihe in der Nähe der Wieslocher Lagerstätten ist auf der Uebersichtskarte, Taf. IX, dargestellt durch Verzeichnung der geognostischen Grenzen im Allgemeinen und durch Beifügung (innerhalb dieser Grenzen) von verschiedenen Buchstaben, welche den jeweiligen geognostischen Charakter angeben, wie B (Buntsandstein), W (Wellenkalk), A (Anhydritgruppe), T (Trochitenkalk), N (Nodosuskalk), K (Keuper), L (Löss). W + A bezeichnet einen stark gestörten Bezirk mit vermengten Gesteinen der Wellenkalk- und der Anhydritgruppe; T + N einen solchen mit Gemengen von Trochiten- und Nodosuskalk.

Die auf diesem Kärtchen verzeichneten geographischen, topographischen, geognostischen und bergmännischen Dinge wurden für die vorliegende Arbeit besonders zusammengestellt unter Benützung der Karte von Benecke und Cohen, derjenigen von Clauss und einer Anzahl von Situationsplänen und von älteren und neueren Grubenrissen, welche mir von den beiden Bergwerks-Gesellschaften zur Verfügung gestellt wurden. Die Zusammenstellung bot ansehnliche Schwierigkeiten, weil die verschiedenen zu bergmännischen Zwecken angefertigten Pläne und Karten einzeln unvollständig sind, und weder unter sich, noch mit der Benecke-Cohen'schen Karte vollkommene Uebereinstimmung zeigen. Ich habe einzelne erheblichere Widersprüche durch eigene Messungen, weniger bedeutende durch Ausgleichung zu heben gesucht. Der Inhalt des Kärtchens liegt daher wohl in keinem Punkte der Wahrheit sehr ferne. Dasselbe darf aber andrerseits nicht als das Ergebniss einer genauen Aufnahme der Gegend, sondern nur als eine annähernd

richtige Skizze angesehen werden, deren einziger Zweck ist, einen Ueberblick über die für die Beurtheilung der Lagerstätten wichtigsten Verhältnisse zu gewähren.

Mit Ausnahme einer kleinen durch Buntsandstein (B) bedeckten Fläche bei Nussloch und einer solchen mit Keuper (K) bei Wiesloch gehört die ganze von der Karte dargestellte Fläche den verschiedenen Gliedern (W, A, T, N) des Muschelkalks an. Nur ist die östliche Hälfte dieser Muschelkalkgesteine mit einer Decke von Löss (L) überkleidet, welche an manchen Stellen im Kobelsberg eine Mächtigkeit von 20 bis 25 m. erreicht. Dass aber die Muschelkalkschichten in im Allgemeinen unveränderter Folge und Lagerung unter dem Löss fortsetzen, das beweisen einerseits mehrfache auf der Karte nicht angedeutete kleinere Entblössungen auf den Höhen östlich von Nussloch und in dem an Baierthal vorüber nord-südlich streichenden Angelbachthal, andrerseits die durch den Bergbau im Kobelsberg gelieferten Aufschlüsse.

Nusslocher Spalt. Durch die ganze Muschelkalkformation zieht, den westlichen Abhängen des Ludwigsberges und der Hessel entlang, ein dem Rheinthal parallel nord-südlich streichender Bruch oder Spalt, von welchem östlich die Verbreitung der verschiedenen Abtheilungen eine etwas verschiedene ist als westlich davon, wie solches das Kärtchen deutlich zur Anschauung bringt.

Zerklüftungen, welche in den südöstlich von Nussloch befindlichen Sandsteinbrüchen, in der nördlichen Verlängerung der Bruchlinie liegend, erkennbar sind, zeigen, dass der Spalt, wenn auch vielleicht nur auf eine kurze Strecke, sich bis in den Buntsandstein hinein erstreckt. Im südlichen Theile der Karte dürfte der Umstand, dass der Löss (L) gegen den Keuper (K) ziemlich genau in der Richtung der Bruchlinie abgeschnitten ist, eine Fortsetzung des Spalts auch in den Keuper hinein vermuthen lassen.

Die Gegend östlich vom Spalt. Im Osten dieses grossen Bruchs kann die Schichtenlagerung als eine im Ganzen normale betrachtet werden. Denn obgleich grössere Aufschlüsse fehlen, so lassen sich doch, aus den an der Oberfläche liegenden Gesteinsstücken und aus gelegentlichen kleinen Anbrüchen, von dem bei Nussloch gut auf-

geschlossenen Buntsandstein ab in südlicher Richtung, fast alle einzelnen Gruppen der Muschelkalkschichten in regelrechter Folge nachweisen, nämlich der untere Wellenkalk mit der Spiriferinenbank am nördlichen Abhang des Ludwigsbergs, der Schaumkalk am Signal auf der Hessel und im Schlangengrund, die bituminösen Orbicularismergel an letzterem Ort, die Anhydritgruppe (A) und der Trochitenkalk (T) im südöstlichen Theil der Hessel, der Trochitenkalk ausserdem in den Stollen und Bauen im Kobelsberg, endlich der Nodosuskalk (N) unmittelbar nördlich von Alt-Wiesloch und an mehreren Punkten in dem Hügel südlich vom Kobelsberg. Ueberall auf dem ganzen Gebiete, wo kleine Aufschlüsse vorhanden sind, zeigen die Schichten eine concordante Lagerung mit schwachem Einfallen nach Süden, wie das ganze Gebirge südlich von Heidelberg.

Andrerseits ist das Gebiet nicht frei von örtlichen Störungen. Insbesondere finden sich auf der Oberfläche des sanft ansteigenden östlichen Theils des Schlangengrunds alle möglichen Muschelkalkgesteine durcheinander und zum Theil mit Resten von Löss vermengt. Es scheint hier ein durch innere Auslaugung entstandenes Senkungsgebiet vorzuliegen, zu dessen Entstehung ein dem obenerwähnten parallel laufender zweiter Bruch den ursprünglichen Anlass mag geboten haben, was dadurch angedeutet ist, dass der östlich angrenzende Kobelsberg ein steiles Ansteigen und eine geregeltere Schichtenfolge zeigt. Zum Abfluss der Wasser diente und dient noch heute das vom Schlangengrund nach Süden ziehende Thälchen, welches beim Carl-Stollen in das breitere Thal der Leimbach einmündet. Aehnliche Veränderungen und Störungen haben auch auf dem flachen Rücken der Hessel, besonders an dessen südlichem Ende, Platz gegriffen, wie dort unternommene Schürfungen und Schachtanlagen dargethan haben. Aeltere Aufzeichnungen, welche mir Obersteiger Häuser zur Verfügung gestellt hat, ergeben, dass dort das „verstürzte Gebirge“ eine Mächtigkeit von 15 bis 20 m. besitzt. Der erst neuerdings, zu Ende 1879, einige hundert Schritte nördlich von Alt-Wiesloch von der Rhein.-nass. Gesellschaft bis zu 28 m. niedergebrachte Versuchsschacht, Nr. 53, (auf der Karte angegeben) durchteufte zuerst mehr als 20 m. gelblichen Thon mit zahl-

reichen losen Blöcken und Brocken von Kalkstein, welcher, nach seinen petrographischen und paläontologischen Kennzeichen, theils dem Nodosuskalk, theils dem Trochitenkalk angehört. Unter diesen losen Massen lag eine 1·5 m. mächtige, gebrochene Schicht von galmeihaltigem Brauneisenstein, etwas nach Westen abfallend, darunter in ähnlicher Lagerung 3 bis 6 m. festere, gelbe, schwach bituminöse, dolomitische Bänke (Stinkkalk), welche dann durch nach Osten fallende, abwechselnde Lagen von blauem Thon und von 3 bis 4 cm. dicken Kalkplatten abgeschnitten wurden. Nachdem man in letzteren noch etwa 4 m. weiter abgeteuft hatte, gelangte man ins Wasser, was die vorläufige Einstellung der Arbeit zur Folge hatte. Aus einer Vergleichung dieser Gesteinsfolge mit der oben angegebenen allgemeinen Schichtenfolge der Gegend geht mit grosser Wahrscheinlichkeit hervor, dass die dolomitisch bituminösen Gesteine Reste von Schichten der Anhydritgruppe darstellen, während die östlich fallenden thonigen Schichten schon zum obersten Theil der normal gelagerten Wellenkalkgruppe dürften zu rechnen sein. Jedenfalls zeigt das ganze Auftreten der verschiedenen Gesteine, dass hier nicht nur Auslaugungen und Zusammenbrüche, sondern auch grössere Rutschungen der gebrochenen oberen Schichten stattgefunden haben. Ueberhaupt sollen an solchen Punkten, wo der frühere Bergbau in die Nähe von Berührungsstellen des Wellenkalks mit den höheren Muschelkalkschichten gelangt ist, die beiden durch „Verstürzungen" getrennt gewesen sein.

Auch in den südlichen Abhängen des sonst viel fester beschaffenen Kobelsbergs fanden sich in einzelnen Schächten unter der mächtigen Lössdecke bis zu 7 m. dicke Anhäufungen von losen Kalkstein- und Thonmassen.

Bei allen bergmännischen Arbeiten in der Umgegend von Wiesloch wurde die Beobachtung gemacht, dass die Fallrichtung der oberen in ihrer Lagerung gestörten Gesteinsschichten im Allgemeinen dem Abfallen der Bodenoberfläche entspricht. Die Schichten fallen immer den Thälern und Bodeneinsenkungen zu und sind in diesen Richtungen bewegt worden. Dieser Umstand deutet mit Bestimmtheit darauf hin, dass als nächste und hauptsächlichste Ursache der dortigen Schichten-

störungen langsame Auslaugungen und Verwaschungen durch Gewässer zu betrachten sind, welche in den noch jetzt vorhandenen Thalfurchen ihren Abfluss fanden.

Die Gegend westlich vom Spalt. Etwas anders haben sich die Verhältnisse in dem Gebirgsstreifen gestaltet, welcher westlich vom Nusslocher Spalt gelegen ist und augenscheinlich in Folge der Spaltung von der normalen inneren Hauptmasse des Gebirges abgetrennt wurde und jetzt den Abhang desselben dem Rheinthal entlang bildet. Zwar folgen sich auch hier die geognostischen Schichtengruppen im Ganzen in regelrechter Ordnung. Anschliessend an den Buntsandstein, welcher sich nach Süden zu noch etwas über den Ort Nussloch hinaus erstreckt, finden wir in dem Viereck (W + A), soweit es sich bei den da gänzlich mangelnden Aufschlüssen erkennen lässt, ein Gemenge von Gesteinen, hauptsächlich des unteren und zum Theil auch des mittleren Muschelkalks, sodann einen schmalen Querstreifen der Anhydritgruppe (A), weiter südlich den Trochitenkalk und endlich den Nodosuskalk in bedeutender Entwicklung und bis Wiesloch reichend. Die Schichten zeigen aber hier, ausser dem schwachen Einfallen nach Süden, ein viel bedeutenderes nach der Rheinebene zu. Die Gesteinsmassen sind durchgängig stark verbrochen. Selbst die verhältnissmässig noch gut erhaltenen Kalksteinschichten des Hauptmuschelkalks sind nicht nur von Nord nach Süd, sondern stellenweise auch in ost-westlicher Richtung zerspalten, und einzelne Gesteinsmassen haben sich in so unregelmässiger Weise gesenkt, dass das Fallen ihrer Schichten nach Osten, also dem dort gewöhnlichen gerade entgegen gerichtet ist. Diese Verhältnisse sind in den Steinbrüchen und Bergwerken zwischen Nussloch und Wiesloch deutlich zu beobachten, beziehungsweise früher zu beobachten gewesen. Die zwischen und über den losgelösten Gesteinsmassen durch den Bergbau aufgeschlossenen, eingeschwemmten oder nur verschwemmten Thonlagen senken sich hier allgemein nach Westen, während östlich vom Nusslocher Spalt die Verschwemmungsrichtung thoniger Massen stets eine südliche oder südöstliche ist.

Das offenbar am stärksten gestörte Gebiet ist das auf der Karte mit W + A bezeichnete Viereck bei Nussloch. Dort finden sich

auf den Höhen und den oberen Theilen der Abhänge nur dolomitische Gesteine, und zwar die zelligen Dolomite, die dolomitischen Mergel und Knollenkalke der Gruppe des „Wellendolomit", in regelloser Vermengung, wozu sich nach Süden hin nicht allein Stücke von Schaumkalk gesellen, sondern auch Stinkkalk und die weichen, eisenreichen Zellendolomite und zelligen Kalksteine, welche schon der Anhydritgruppe zugehören dürften. Der eigentliche Wellenkalk ist dagegen auf den Höhen gar nicht mehr bemerklich. Er ist dort zerstört und in die untern Theile der Hügelabhänge hinabgespült worden, wo man ihn in kleinen, meist mergelig gewordenen Stücken, mit dolomitischen Knollenkalken vermengt, beobachten kann. Ueber das ganze Gebiet dieses Vierecks finden sich ausserdem einzelne grossentheils entfärbte Buntsandsteinstücke zerstreut und deuten darauf hin, dass die zerstörenden Wirkungen bis zum Sandstein hinabgedrungen sind und dass an dieser Stelle die darüberliegende Decke von Gesteinen der Muschelkalkformation eine nur schwache sein und festere Schichten kaum mehr enthalten kann.

Die nächste Ursache aller dieser Störungen ist wohl auch hier hauptsächlich in grossartigen Auslaugungen zu suchen, welche dem Rheinthal entlang stattgefunden haben. Da die welligen Kalksteine des unteren Muschelkalks, welche östlich vom Spalt eine so grosse Ausdehnung besitzen, hier fast ganz verschwunden sind, so lässt sich schliessen, dass die Auslaugungen vorzugsweise diese Gesteine betroffen haben. Wenn man annehmen wollte, dass die Anhydritgruppe, wie jetzt noch an andern Orten, so auch früher bei Wiesloch grössere Mengen von Salz, Gyps und Anhydrit geführt habe, welche jetzt nicht mehr vorhanden seien, so könnte man auch das Verschwinden dieser Gesteine mit als Störungsursache betrachten. Doch liegt hiefür kein direkter Beweis vor und die ebenso schwache Entwicklung dieser Gruppe östlich vom Spalt scheint mir eher auf das Gegentheil hinzuweisen. Was vom unteren und mittleren Muschelkalk in den Rheinthalabhängen zurückgeblieben ist, besteht überwiegend aus dolomitischen Gesteinen, und da solche schwieriger löslich sind als rein kalkige, so deutet auch dieser Umstand auf Auslaugungen als Hauptursache der da erfolgten

Störungen hin. Im Einklang damit steht die auch in der Hessel beobachtete Thatsache, dass sich an der seitlichen Berührungsfläche zwischen dem östlich vom Spalt sich erhebenden Wellenkalkrücken und den gesunkenen Schichten des Hauptmuschelkalks stets lose Massen, insbesondere Thone mit Kalksteinbrocken befinden, mit nach Westen geneigten Rutschungen. Die Hauptmuschelkalkschichten selbst sind in der Nähe des Wellenkalks aufgerichtet, sie sind thonig und mürbe, speckig, oder, wie der Bergmann sagt, „schwartig" geworden, sie nehmen zugleich an Mächtigkeit rasch ab und keilen sich meist nahe der Oberfläche gänzlich aus. Die Gesteinsbewegungen waren also offenbar keine plötzlichen, sondern sie sind mit einer langsamen innern Veränderung und Massenverminderung Hand in Hand gegangen. Der Hauptmuschelkalk ist nicht jäh hinabgesunken, sondern er hat sich an dem Wellenkalkmassiv langsam hinabgesenkt und ist von dem den Wellenkalk westlich vom Spalt zerstörenden Lösungsmittel selber angegriffen, an der Angriffsstelle verändert und in seiner Mächtigkeit verringert worden. Die Dickschichtigkeit und Sprödigkeit seiner Massen hat endlich eine Zerspaltung und ein rascheres Ablaufen des Wassers bewirkt und ihn dadurch vor weiterer Zerstörung bewahrt.

Wenn sonach die örtliche Auslaugung als die wirksamste Ursache der Zerklüftung und Zerstörung angesehen werden muss, so scheint sie doch nicht die erste und einzige Ursache derselben gewesen zu sein. Obgleich die Zerklüftung sich nach der Tiefe meist schon in den unteren Lagen des Trochitenkalks verläuft, so hat man doch an einigen Stellen der Hessel, z. B. in der Nähe des auf der Karte mit „Nr. 1" bezeichneten Schachtes, Klüfte abwärts bis mehrere Meter in den Wellenkalk hinein verfolgt, ohne ihr Ende zu erreichen. Schürfungen und Schächte auf der Höhe der Hessel und um den Gipfel des Ludwigsbergs haben auch an diesen Orten mit galmeihaltigem Eisenstein erfüllte Klüfte im Wellenkalk erschlossen. Ueberdies reicht auch der grosse Nusslocher Spalt, wenigstens in seiner horizontalen Erstreckung, durch den Wellenkalk hindurch. Kurz, es ist erwiesen, dass auch der Wellenkalk, obgleich in weit minderem Grad und geringerer Häufigkeit als der Hauptmuschelkalk, selber zerklüftet ist und

dass manche der den Trochitenkalk durchsetzenden Klüfte in den unterlagernden Wellenkalk hinabsetzen. Die Anfänge der Zerklüftung haben also auch den Wellenkalk betroffen. Die Ursache der beginnenden Kluftbildung muss daher eine tiefer liegende gewesen sein und dürfte mit der Hebung des Odenwaldgebirges, beziehungsweise der Senkung der dasselbe südlich umgebenden Gesteine, überhaupt mit der Entstehung des allgemein südlichen Einfallens der Schichtenreihe jener ganzen Gegend (welche Ursache diese Entstehung auch habe) in Zusammenhang zu bringen sein.

Wenn, nach Obigem, die anfängliche Ursache der Kluftbildungen in allgemeineren Gesteinsbewegungen zu suchen ist, die Ursache aber der so stark entwickelten örtlichen Zerklüftung in Veränderungen des obersten Wellenkalks und etwa der Anhydritgruppe, so erscheint es wenig überraschend, dass manche Klüfte vom Wellenkalk bis in den Nodosuskalk hinaufreichen, während viele andere nur den Trochitenkalk durchsetzen, welcher, als die der stärksten Störungsursache am nächsten liegende Schichtengruppe des Hauptmuschelkalks, dementsprechend am stärksten durchklüftet ist.

Die auffallend geringe Verbreitung des Wellenkalks westlich vom Nusslocher Spalt erklärt sich aus den obigen Betrachtungen von selbst. Wenn es hauptsächlich die Auslaugung des Wellenkalks war, welche das örtliche Sinken der höhern Schichten veranlasst hat, so mussten die Ausbisse der Wellenkalkschichten ganz vorzugsweise der Zerstörung preisgegeben gewesen sein und in ganz hervorragender Weise ein solcher Theil dieser Ausbisse, welcher an einer Seite das Rheinthal berührt, an der andern durch einen in den Wellenkalk selbst eindringenden Spalt von der Hauptmasse des Gebirges getrennt, also von drei Seiten den Einwirkungen der Verwitterung und des Wassers unmittelbar ausgesetzt war. Daher das fast gänzliche Verschwinden des Wellenkalks von der Oberfläche in dem Gebirgs-Streifen westlich vom Spalt, und die so sehr bedeutenden Störungen in diesem Streifen, und insbesondere in dem Viereck (W + A).

Um die geschilderten geognostischen Verhältnisse auf der Ost- und Westseite des Nusslocher Spalts anschaulich zu machen, gebe ich

in Fig. 2, Taf. XI, einen idealen westöstlichen Durchschnitt durch die untere Hessel nach dem Kobelsberg. Die allgemeine Wirkung des den Hesselrücken durchschneidenden Spalts und der darauf folgenden Auslaugungen auf die Lage der dem Rheinthal entlang im Westen des Spalts liegenden Gesteinsschichten ist in dieser Skizze erkennbar. Dieselbe zeigt auch, wie es zugeht, dass an der Oberfläche Trochitenkalk und Nodosuskalk in einer, das Streichen kreuzenden, geraden Linie, also seitlich, aneinanderstossen, was bei Betrachtung der Karte auffallen muss. Der Nodosuskalk (N) ist auf der Ostseite des Spalts durch Denudation entfernt; auf der Westseite des Spalts ist er zwar erhalten, aber gesunken und stark zerklüftet, und wahrscheinlich gerade deshalb erhalten, weil auch in die Quere zerklüftet.

Das Fallen der Schichten westlich vom Spalt beträgt nach Süden zu kaum einen Grad, also weniger als das normale, ein Umstand, welcher sich aus der an den Ausbissen des Wellenkalks erfolgten starken Auslaugung und der in Folge dessen eingetretenen verstärkten Senkung der nördlichen Gebietstheile zur Genüge erklärt.

Das Fallen nach Westen hin ist, den gestörten Verhältnissen entsprechend, ein sehr wechselndes. Es steigt in der Nähe der Wellenkalkgrenze stellenweise bis 20°, und mag an den meisten Stellen im Durchschnitt etwa 8° betragen.

Unmittelbar östlich vom Spalt im Hesselfeld ist kein genügender Aufschluss vorhanden, um das Fallen zu beurtheilen. Es ist jedenfalls ein sehr schwaches. Aus den geognostischen Verhältnissen lässt sich da auf ein südliches Einfallen von annähernd 2° schliessen, da nach dem früher Gesagten hier ein im Ganzen normaler Lagerungszustand kann angenommen werden.

Im Kobelsberg ist das Fallen der Schichten ebenfalls fast genau südlich (etwas nach SSO.) und beträgt in den bis jetzt aufgeschlossenen Theilen etwa 6°, im westlichen Theil etwas weniger, nach Osten hin etwas mehr.

Keuper. Die Keuperformation (K) ist am südlichen Rande der Uebersichtskarte durch zwei kleine Flächenstücke vertreten, das eine östlich, das andere nordwestlich von der Stadt Wiesloch, in un-

mittelbarer Nähe derselben gelegen. Diese beiden Stücke sind aber ihrem geognostischen Charakter nach gänzlich von einander verschieden. Das östliche, welches weiter nach Osten hin unter dem Löss verschwindet, gehört dem untersten Keuper, der Lettenkohlengruppe, an, welche hier in anscheinend normaler Weise den Hauptmuschelkalk überlagert.

Dagegen besteht das nordwestliche Stück aus den bunten Mergeln und Sandsteinen des oberen Keupers, welcher erst 2 km. südöstlich davon in grösserer Ausdehnung und in regelrechter Lagerung auftritt. Dieses Stück ist daher hier isolirt. Da nun die allgemeine Fallrichtung der Schichten eine südliche ist, so beweist dieses auffallend weit nördliche Auftreten einer isolirten Partie des oberen Keupers, dass sich die Keuperformation früher viel weiter als jetzt nach Norden erstreckte und jedenfalls einen grossen Theil der Hessel und wohl auch einen Theil des Kobelsbergs bedeckte. Wir werden später sehen, dass dieser Umstand mit der Entstehung der Erzlagerstätten in Verbindung gebracht werden kann.

2. Spezielle Geognosie der Erzlagerstätten.

Das Vorkommen von Galmei, Bleiglanz und Eisenerzen in jener weiten Einsenkung, welche zwischen dem Neckarthal im Norden und einer Linie Karlsruhe-Pforzheim, als südliche Begrenzung, das Odenwaldgebirge von den nördlichsten Vorhügeln des Schwarzwaldes abtrennt, ist in der dort reichlich vertretenen Muschelkalkformation eine sehr verbreitete Erscheinung, während im Buntsandstein derselben Gegend neben Eisenerzen nur gelegentlich Kupfermineralien auftreten.

Clauss erwähnt im 26. Jbr. d. Mannh. Ver. f. Naturk. p. 38 und 39, galmeiführende Klüfte in den Muschelkalkbrüchen am südwestlichen Abhang des Steigbergs bei Untergrombach, zwischen Bruchsal und Karlsruhe; ferner mit Galmei, Bleiglanz und Brauneisenerz erfüllte Spalten und Hohlräume im Muschelkalk in der sogenannten „Silberhelde“ oder „Silberhelle“ bei Bruchsal (s. Bruchsaler Gefäll- und Güterbuch von 1627); ferner Galmeiablagerungen am westlichen Abhang des Kallenbergs bei Eschelbronn im Schwarzbachthal nördlich von

Sinsheim, sowie bei Maisbach und Schatthausen nordöstlich von Wiesloch. Wenn nun auch an einigen Punkten, wie z. B. vor wenigen Jahren bei Maisbach, recht hübscher Galmei gewonnen worden ist, so hat sich doch keines dieser Vorkommnisse als auf die Dauer ergiebig erwiesen.

In der Umgegend von Wiesloch, wo allein grössere Anhäufungen reicherer Erze aufgefunden wurden, finden sich auch ausserhalb dieser viele kleine unbauwürdige Erzbildungen, nicht allein im Hauptmuschelkalk, sondern auch im Wellenkalk. Eine Anzahl von Versuchsschächten, welche in der Nähe des Gipfels des Ludwigsbergs und nordöstlich davon „am Eisenbuckel“ (s. d. Karte) niedergebracht wurden, haben im Wellenkalk Klüfte erschlossen, welche meist nord-südlich streichen und mit eisenreichem Galmei, in Brauneisenstein übergehend, erfüllt sind. Diese Ablagerungen sind aber unbauwürdig, theils wegen ihrer geringen Mächtigkeit, theils wegen ihres hohen Eisengehalts, welcher bei der Verhüttung der Erze die Retorten zerstört und daher die Darstellung des Zinks aus diesen, überdies nicht sehr gehaltreichen, Erzen zu einer gewinnlosen oder gar verlustbringenden macht.

Als bauwürdig haben sich bisher ausschliesslich die Erzablagerungen im Hauptmuschelkalk gezeigt und in diesem nur diejenigen, welche der unteren Abtheilung desselben, dem Trochitenkalk, und insbesondere den „eigentlichen Trochitenschichten“ (wie sie oben genannt wurden) angehören, welche mehrere besonders versteinerungsreiche Lagen enthalten, die von früheren Autoren als „Encrinitenschichten“ bezeichnet worden sind.

Die spezielle Gliederung des Trochitenkalks bei Wiesloch ergibt sich aus der folgenden Zusammenstellung der einerseits in der Hessel, andrerseits im Kobelsberg durch den Bergbau erschlossenen Schichtenreihen. Die Angaben bezüglich der Hessel sind im Wesentlichen diejenigen, welche Hoffinger in Leonhard's Beitr. zur geogn. Kenntn. d. Gr. Baden. I. Heft. Taf. II. veröffentlicht hat, jedoch in einzelnen Punkten von Hoffinger selbst berichtigt. Sie beruhen auf Beobachtungen, welche beim Abteufen des Schachts Nr. 1 (s. Karte) gemacht wurden und welche sich später

als ziemlich allgemein gültig für die Hessel erwiesen haben. Die angegebene Schichtenfolge im Kobelsberg ist eine durch Mittheilungen von Obersteiger Häuser und durch eigene Beobachtungen ergänzte, gedrängte Wiedergabe der von Clauss im 26. Jbr. des Mannh. Ver. f. Naturk. p. 40 und 41 gegebenen Beschreibungen und stellen speziell die im Friedrich-Stollen (s. Karte) angetroffenen Verhältnisse dar. Ich habe versucht diese beiden Schichtenfolgen sowohl unter sich als auch mit der von Benecke und Cohen gegebenen Eintheilung zu parallelisiren, wie folgt:

Eintheilung von Benecke und Cohen.	Schichtenfolge bei Wiesloch.	
	In der Hessel (nach Hoffinger).	Im Kobelsberg (nach Clauss und Häuser).
	0·6 m. Dammerde.	0·3—0·5 m. Dammerde. 6—22 m. Löss. 1·2—1·5 m. Sand.
Nodosuskalk.	3·6 m. fester Kalkstein mit Lagen von gelbem Letten. 0·3 m. blauer schiefriger Kalk. 0·9 m. petrefaktenreicher Kalk mit *ammonites nodosus*, *pecten*, *gervillia*, *nautilus bidorsatus*.	2·4—3·0 m. dünngeschichtete, gelblichgraue, zuweilen dolomitische, thonige Mergel, meist zerbrochen und verschwemmt. 0·9—4·5 m. graue Kalkschichten, je 3—9 cm. stark, wechselnd mit gelben Mergelthonen.
(Unsicher.)	2·4 m. Wechsel von je 0·3 m dicken Schichten von festem, dichtem, blaugrauem Kalkstein und von blauem Letten. 0·9 m. dichter röthlicher Kalkstein, wahrscheinlich Dolomit. 4·2 m. blauer Kalkstein mit Lettenablösungen, in deren Contakt der Kalk grau und schwartig (speckig) ist.	0·3—6·0 m. dunkelgraue, bis 0·3 m. starke Kalkschichten mit Thonmergeln wechselnd. 1·5—3·0 m. krystalline, graue, häufig mit Braunspathschnüren durchzogene, je 6—27 cm. starke Kalkschichten.

Eintheilung von Benecke und Cohen.	Schichtenfolge bei Wiesloch.	
	In der Hessel (nach Hoffinger).	Im Kobelsberg (nach Clauss und Häuser).
Eigentliche Trochitenschichten.	0·9 m. Encrinitenschicht mit *encrinus liliiformis;* Galmei führend.	0·5 m. „Deckstein", zwei je 24—30 cm. starke Encrinitenschichten, bestehend entweder aus gelblich- bis röthlichgrauem, porösem, stark dolomitischem Kalkstein, oder aus krystallinem, hellgrauem Kalkstein, mit Kalkspath- u. Braunspathschnüren durchzogen.
		0·15 m. „Blättchen", drei dichte blaugraue Kalkschichten, je 6—10 cm. dick; Galmei führend und stellenweise ganz durch Galmeilagen oder galmeihaltige Thone ersetzt.
	3·6—7·5 m. dichter, dunkelblauer Kalkstein ohne Versteinerungen, sog. „Klotz"; Spalten mit Galmei angefüllt.	3—6 m. „erzführender Kalk", dichte, graue oder graublaue Kalkschichten, je 12—30 cm. dick, mit vielen Kalkspathdrusen.
	0·9 m. Encrinitenschichten, Galmei führend.	1·5—4·8 m. gelblichgraue oder röthliche, mit grauen Thonmergeln wechselnde, oft verwitterte Encrinitenschichten, die obersten Lagen bis 1 m., die unteren 30—36 cm. dick.
Unterer Trochitenkalk.	0·15 m. dichter Kalkstein, Galmei führend. 0.9 m. blauer Letten od. Mergel. 9·0 m. fester, grauer Kalkstein.	2·4—6·0 m. blaugrauer Kalkstein mit graublauen Letten und Mergeln wechselnd.
Anhydrit-Gruppe.	10·2 m. Dolomit; Kluft darin mit etwas Galmei. 1·2 m. Dolomitbrekzie.	

Obige Zusammenstellung zeigt, dass die Hoffinger'schen und Clauss'schen Angaben nicht nur im Allgemeinen nahe übereinstimmen, sondern dass sich sogar die wichtigsten der einzelnen Schichten parallelisiren lassen. Dass bei einer solchen Detaillirung der Schichtenreihe merkliche Abweichungen stattfinden, ist, mit Hinsicht auf die erheblichen Entfernungen der beiden Beobachtungsorte von einander, an

und für sich wenig befremdend und erscheint hier um so erklärlicher, als die Schichten in dieser Gegend bedeutende chemische und mechanische Veränderungen erlitten haben, wie im Vorhergehenden nachgewiesen wurde.

Dass die obersten der in beiden Bergbau-Distrikten aufgeschlossenen Schichten dem Nodosuskalk zuzurechnen sind, schliesse ich einestheils aus dem Vorkommen des *ammonites nodosus* im „petrefaktenreichen Kalk" der Hessel, anderntheils aus der Uebereinstimmung der diesbezüglichen petrographischen Beschreibungen von Hoffinger, Clauss und Benecke. In Einklang damit steht auch der Umstand, dass der Schacht Nr. 1 auf der Karte im Oberflächengebiet des Nodosuskalks (N) liegt oder vielmehr zur Zeit, als er noch existirte, dagelegen war.

Unter diesen Schichten folgen in der Zusammenstellung einige wenig übereinstimmende Schichten, deren Zugehörigkeit, bei dem Mangel an paläontologischen Angaben, als „unsicher" bezeichnet werden muss, obgleich in denen des Kobelsbergs das Vorkommen von Braunspath, welcher in den untersten Lagen des Nodosuskalks häufig auftritt, als Veranlassung genommen werden könnte, dieselben theilweise zum Nodosuskalk zu ziehen. Nach Benecke wird der obere Abschluss des Trochitenkalks gewöhnlich durch eine wenig mächtige Kalkschicht gebildet, welche sowohl Trochiten als *ammonites nodosus* enthält und durch *spirifer fragilis* charakterisirt ist. Diese Schicht scheint aber weder von Hoffinger, noch von Clauss beachtet worden zu sein. Dass dieselbe wirklich vorhanden ist, wenigstens in der Hessel, ist zweifellos. Denn sie ist in dem Steinbruch, in welchem der „Nusslocher Stollen" (s. d. Karte) angesetzt ist, über den obersten Encrinitenschichten liegend, zu beobachten, worauf schon Benecke und Cohen aufmerksam gemacht haben.

Die grösste Uebereinstimmung zeigen die Verhältnisse in beiden Grubenfeldern bezüglich der eigentlichen Trochitenschichten. Es ist da zunächst die durch ihr krystallines Gefüge und ihren Reichthum an Trochiten leicht erkennbare „obere Encrinitenschicht", welche in beiden Feldern den „Deckstein" der Lagerstätten bildet.

Sie ist auch in der Hessel meist mit Bitterspathschnüren durchzogen. Die darunter folgenden „drei Blättchen“, lose übereinander liegende dünne Kalksteinlagen, treten auch im Hesselfeld auf, wurden aber von Hoffinger mit dem „erzführenden Kalk“ oder „Klotz“ vereinigt und von ihm nicht besonders erwähnt. In dem kryptokrystallinen, festen, blaugrauen „erzführenden Kalk“ finden sich in beiden Feldern die weitesten und reichsten mit Galmei erfüllten Spalten. Die unter diesem liegenden „unteren Encrinitenschichten“ sind von sehr wechselnder Mächtigkeit, im Kobelsberg besonders stark entwickelt, aus mit Mergeln wechselnden Kalklagen zusammengesetzt, in einigen von welchen die Trochiten ebenso stark angehäuft sind, als dies in den oberen Encrinitenschichten der Fall ist.

Darunter folgt die sehr ungleich beschaffene untere Abtheilung des Trochitenkalks und endlich im Hesselfeld Dolomite und Brekzien, welche Benecke und Cohen als wahrscheinlich zum mittleren Muschelkalk (Anhydritgruppe) gehörig bezeichnet haben.

Die über dem Deckstein und die unter dem erzführenden Kalk liegenden Schichten sind mehr thonig und mehr mit Thonen und Letten durchlagert als die dazwischen liegenden vorzugsweise erzführenden Gesteine. Sie sind daher auch zäher als letztere und haben in Folge dessen einen festeren, innern Zusammenhang bewahrt.

C. Beschreibung der Erzlagerstätten.

I. Lage und Gestalt derselben.

Die grösseren bauwürdigen Erzansammlungen finden sich nur in dem „erzführenden Kalk“ und in den darüberliegenden „Blättchen“ und dem „Deckstein“. In diesen Schichten selbst aber sind die Erzablagerungen hauptsächlich angehäuft innerhalb gewisser Bezirke von verschieden grosser horizontaler Ausdehnung und von unregelmässiger Umgrenzung. Diese Bezirke sind durch weit weniger erzreiche und nicht abbauwürdige Gebirgstheile von einander getrennt und können

daher als einzelne „Lagerstätten“ bezeichnet werden, um so mehr als die in diesen Bezirken vorhandenen Erzmittel stets mehr oder weniger untereinander zusammenhängen. Solcher Lagerstätten sind bei Wiesloch bis jetzt fünf aufgefunden und ganz oder theilweise abgebaut worden. Sie sind in ihrer Lage und horizontalen Umgrenzung auf der Uebersichtskarte Taf. IX schraffirt eingetragen und mit den Nummern I, II, III, IV und V bezeichnet. Die einer jeden gegebene Umgrenzung habe ich nach einer Anzahl älterer und neuerer Grubenrisse der dortigen Bergbaugesellschaften mit möglichster Genauigkeit festgestellt. Bei der Unregelmässigkeit ihrer Umrisse kann man diese Erzablagerungen nur in die Klasse derjenigen Lagerstätten einreihen, welche man als „Stöcke“ bezeichnet, und da die Gesammtmächtigkeit der erzhaltigen Schichten nur etwa 5 bis 7 m., die horizontale Ausdehnung der einzelnen erzreichen Bezirke aber eine weit grössere ist, so sind diese Wieslocher Erzlagerstätten den sogenannten „liegenden Stöcken“ beizuzählen.

Die auf der Karte verzeichneten Umrisse ergeben, dass die Lagerstätten mit ihrer grössten Längenerstreckung im Allgemeinen nordsüdlich streichen und dass sie sich fast durchgängig nach Süden hin zuspitzen. Die Lagerstätten I, II und III liegen im westlichen Abhang der Hessel, westlich vom Nusslocher Spalt, und bilden in ihrer Gesammtheit denjenigen Bergbaubezirk oder dasjenige Abbaufeld, welches das „Hesselfeld“ genannt wird. Die Zinkerze sind hier fast ausschliesslich Galmei.

Die Lagerstätte I ist die nördlichste und kleinste, unweit Nussloch, im nördlichen Ausgehenden des Trochitenkalks gelegen. Sie streicht ziemlich genau von Nord nach Süd und ist etwa 140 m. lang und bis 70 m. breit. Sie wird noch jetzt von der Altenberger Gesellschaft (Vieille Montagne) bebaut durch den auf der Karte angedeuteten „Nusslocher Stollen“, dessen Mundloch in einem grösseren Steinbruch im Trochitenkalk angesetzt ist. Die Schichten scheinen im Steinbruch fast horizontal zu liegen. In der Grube aber zeigt es sich, dass dieselben steigen und fallen, sich winden, vielfach verbrochen sind und gegen Osten hin stärker und stärker ansteigen.

Die wenig südlicher gelegene Lagerstätte II ist die ausgedehnteste und war früher auch die reichste von allen. Ihre grösste Längenausdehnung von Nord nach Süd beträgt etwa 600, die grösste Breite 300 m. Sie läuft im Norden in eine schmale Zunge aus, in welcher allein noch jetzt Bergbau getrieben wird mittelst des „Postweg-Stollens“ (s. Karte) der Vieille Montagne. Der Hauptkörper spaltet sich gegen Südwesten in einen nördlichen und einen südlichen Schenkel und läuft in zwei weitgetrennten Spitzen aus. Die ganze Gestalt hat den Anschein, als seien hier zwei grosse Lagerstätten der gewöhnlichen Form seitlich zusammengeflossen und ausserdem noch im Norden mit einer kleineren dritten. Der südliche Schenkel ragt noch in dasjenige Oberflächengebiet hinein, in welchem der Trochitenkalk vom Nodosuskalk überdeckt ist. Er wurde früher von den Gebrüdern Reinhardt und später von der Badischen Zinkgesellschaft mittelst Schächten abgebaut, während der nördliche Schenkel und der grössere Theil des Mittelkörpers schon im Muthungsgebiet der Vieille Montagne liegen und von dieser theils durch Schächte, theils durch den „Max-Stollen“ ausgebeutet wurden.

Die Schichten sind auch hier gewellt und verbrochen. Im Durchschnitt steigen sie vom Mundloch des Max-Stollens etwa 2° gegen Westen bis etwa 150 m. von der Wellenkalkgrenze, gegen welche hin sie stärker und stärker aufgerichtet werden. Letzteres ist in dem jetzt noch befahrbaren Postweg-Stollen in sehr auffallender Weise zu beobachten, wo die Schichten zuletzt 30 bis 40° ansteigen. Dies habe ich an einem vom Bergbau erreichten Punkt gesehen, welcher nur noch etwa 8 oder 10 m. unter Tage liegt, so dass man annehmen muss, dass die Schichten in kurzer Entfernung davon zu Tage ausstreichen, um im Osten und jenseits des grossen Spalts dem Wellenkalk Platz zu machen. Der erzführende Kalk ist ebenda in seiner Mächtigkeit auf nur 1 m reduzirt und scheint sich nach Oben auszukeilen. Die Erze fehlen fast ganz und der sonst krystalline Deckstein ist „schwartig“ geworden, d. h. zersetzt, thonig und weich. In Folge des Mangels an Erz wurde der Betrieb in dieser Richtung nicht fortgesetzt. In diesen nördlichen Theilen der Lagerstätte werden

bisweilen auch ost-westlich streichende, weite Klüfte angefahren, welche mit gelben und rothen Thonen mit losem Kalkstein und Galmei-Brocken erfüllt sind und welche daher jünger sein müssen, als die Erzbildung.

Die zahlreichen Schächte, welche auf den mittleren Körper und auf die beiden Schenkel der Lagerstätte abgesunken waren, hatten bei den verschiedensten Lagen nicht sehr verschiedene Tiefen, von 18 bis höchstens 24 m. bis zu den Erzbauen, woraus hervorgeht, dass die erzführenden Schichten dort annähernd der Oberfläche parallel liegen. Wenn man die auf der Karte skizzirten Höhenlinien betrachtet, so wird man bemerken, dass gerade da, wo der Erzstock sich gabelt, auch an der Oberfläche eine thalartige Einsenkung vorhanden ist. Augenscheinlich haben bei der allmählichen Herausbildung der jetzigen Gestalt der Bodenoberfläche die Erze, ihrer geringeren Löslichkeit wegen, den auslaugenden und auswaschenden Gewässern grösseren Widerstand geleistet als der umgebende Kalkstein. Auch diese Umstände zeigen, dass nach der Ablagerung der Erze mancherlei und bedeutende Veränderungen in dem Erdreich Platz gegriffen haben.

Die Lagerstätte III liegt südwestlich von II in einem ganz flachen Gebirgsvorsprung. Sie hat einen fast elliptischen Umriss, mit einem schmalen Fortsatz nach Süden. Sie streicht ziemlich genau von Nord nach Süd und ist etwa 430 m. lang und an der weitesten Stelle 150 m. breit. Ihre Haupterzmasse wurde s. Z. von der Vieille Montagne, die Erze des südlichen Fortsatzes von der Badischen Zinkgesellschaft mittelst Schächten gewonnen. Diese Schächte erreichten die Erze schon bei Tiefen von 15 bis 18 m. und die Schichten zeigten ein westliches Einfallen von etwa 5° innerhalb der Lagerstätte.

Die beiden übrigen Lagerstätten IV und V liegen östlich vom Nusslocher Spalt und weitab von den oben beschriebenen in den südwestlichen Abhängen des Kobelsbergs und in demjenigen Muthungs- und Abbaufeld, welches man als „Baierthaler Feld“ bezeichnet. Auf dem breiten, flachen Rücken der südlichen Hessel, welche die

westliche Gruppe von Lagerstätten (I, II, III) von der östlichen (IV, V) scheidet, sind zu verschiedenen Zeiten und an den verschiedensten Stellen östlich und westlich vom Spalt Versuchs-Schächte abgeteuft worden, jedoch ohne dauernd günstigen Erfolg. Zwar wurde fast überall Galmei oder zinkhaltiger Brauneisenstein in den erzführenden Schichten angetroffen. Allein entweder waren die Erze zu arm oder die Ablagerungen zu geringfügig, um bauwürdig zu sein, ein Resultat, welches sich auch bei dem vor Kurzem erfolgten Abteufen des oben besprochenen Schachts Nr. 53 (s. Karte) ergeben hat. Westlich vom Spalt wurden zwar einzelne kleinere Erzbuzen abgebaut, allein grössere zusammenhängende Lagerstätten wurden auch hier nicht aufgefunden.

Die Lagerstätte IV besitzt im Umriss eine nahezu birnförmige Gestalt mit nach Süden gerichteter Spitze und eine Ausdehnung in nord-südlicher Richtung von etwa 300, in ost-westlicher von etwa 180 m. Ihre südliche Spitze war früher durch den „Carl-Stollen“ (s. Karte), ihr Hauptkörper ist durch den jetzt noch theilweise offenen „Friedrich-Stollen“ aufgeschlossen. Ausserdem waren eine Anzahl von Schächten auf dieselbe niedergebracht. Sie ist von der Badischen Zinkgesellschaft vollständig abgebaut worden. Die Zinkerze waren auch hier nur Galmei.

Die Lagerung der Schichten ist da eine sanft gewellte mit im Ganzen süd-süd-östlichem Einfallen, welches von 1 bis 8° wechselt und durchschnittlich 5 bis 6° beträgt. Hier, wie auch stellenweise in der Hessel, ist ein Zusammenhang zu bemerken zwischen der Reichhaltigkeit der Erzführung und der Mächtigkeit der erzführenden Schichten. Wo viel Erz ist, sind trotz der ganz ungleichen Vertheilung des letzteren die dasselbe enthaltenden Schichten meist im Ganzen mächtiger als an tauben Stollen. An einzelnen reichen Punkten der Lagerstätte IV steigert sich die meist nur 3 bis 6 m. betragende Mächtigkeit dieser Schichten bis gegen 10 m. Auch dies deutet auf bedeutende Volumverminderungen hin, welche diese Schichten seit Ablagerung der Erze erlitten haben und von welchen die reinen Kalksteine stärker betroffen wurden als die erzhaltigen. Der stets stark dolomitische Deckstein

(vgl. d. Analysen unter „Dolomit" in Abth. A) ist dabei meist nur wenig angegriffen und erhält sich in fast gleicher Mächtigkeit. Allein stark sind solche Veränderungen in den darüber liegenden Kalksteinschichten und in dem darunter liegenden „erzführenden Kalk".

Die Lagerstätte V liegt etwa 150 m. östlich von IV an dem ziemlich steilen, südlichen Abhang des Kobelsbergs. Das zwischen beiden liegende, fast taube Gesteinsmittel ist an der Erdoberfläche durch eine thalartige Einsenkung angedeutet, welche in ähnlicher Weise gekrümmt ist, wie die sich gegenüberliegenden Begrenzungslinien der beiden Erzablagerungen.

Die Lagerstätte V besitzt eine langgezogene, gekrümmte Gestalt, nach Westen convex, und eine Längenausdehnung, soweit bis jetzt bekannt, von mindestens 400 m. von Nord nach Süd. Die Breite derselben ist sehr verschieden, etwa 130 m. an der weitesten Stelle des nördlichen Hauptkörpers und 50 bis 80 m. im südlichen Theil. Auch das Fallen der Schichten ist sehr wechselnd. Es beträgt im nördlichen Theil 2 bis 5° nach Süden. Im südlichen Theil verändert es sich in ein südöstliches und wird bedeutend stärker, 5 bis 10° und darüber. In Folge dieses Fallens liegt der südliche Theil 25 bis 30 m. tiefer als der nördliche und im Wasser. Während die abgebauten Zinkerze des nördlichen Theils fast ausschliesslich aus Galmei bestanden, enthält der südliche eine 3 bis 4 m. mächtige, ebenfalls stockförmige Blendeablagerung. Diese Erze wurden von der Rheinisch-nassauischen Gesellschaft abgebaut, der nördliche Haupttheil vollständig, der Blendestock zum Theil, wobei das Wasser durch den Felix Elvin- oder Maschinenschacht (auf der Karte mit *M* bezeichnet) zu Tage gehoben wurde. Wegen zu niedriger Zinkpreise ist der Betrieb vorläufig eingestellt. Das Lager war beim Verlassen desselben in voller Mächtigkeit vorhanden und schien sich nach Süd-Osten hin auszudehnen.

2. Innere Beschaffenheit der Lagerstätten.

Innerhalb der auf der Karte dargestellten Umgrenzungen der einzelnen stockartigen Lagerstätten bestehen die erzführenden Schichten

keineswegs ausschliesslich aus Erz. Vielmehr sind dieselben auch da vorwiegend Kalkstein, welcher aber hier bauwürdige Erzansammlungen in reichlicher Menge enthält. Diese Ansammlungen sind theils gross, theils klein, meist von ganz unregelmässiger Gestalt und durch Schnüre und erzerfüllte Spalten und Schichtfugen mehr oder weniger untereinander zusammenhängend, gleichsam zusammengeflossen. Man kann sie im Allgemeinen als „Buzen" bezeichnen, und es würde sonach jeder der fünf beschriebenen Erzstöcke in seiner Hauptmasse aus untereinander zusammenhängenden Erzbuzen bestehen.

Die auf Taf. X gegebene „Skizze der Erzlagerstätte IV" mit den beiden dazu gehörigen Vertikalschnitten nach den in der Planskizze angegebenen Linien *ab* und *cd* mag einen Begriff geben von der in dieser Lagerstätte vorhandenen Erzvertheilung, welche als typisches Beispiel der Wieslocher Galmeilagerstätten angesehen werden kann. Diese Skizze ist eine vergrösserte und, mit Hilfe des mir zu Gebote stehenden Materials an Grubenkarten, verbesserte und ergänzte Auflage der schon der Clauss'schen Arbeit beigegebenen Skizze. Clauss hat eine grössere Anzahl von Vertikalschnitten nach zwei Schnittrichtungen veröffentlicht, welche manches Belehrende bieten und deren Studium (auf Taf. II zum 26. Jb. d. Mannh. Ver. f. Naturk. 1859) ich solchen, die sich besonders dafür interessiren, empfehlen kann. Mein Vertikalschnitt *ab* entspricht einem der Clauss'chen Schnitte. Nur erscheint meine Darstellung in Folge der dabei ausgeführten Projection des schiefen Schnittes auf eine ost-westliche Vertikalebene in allen ihren Theilen etwas verkürzt. Mein zweiter Schnitt *cd* beruht auf Verwendung einer Aufnahme, welche von Clauss nicht benützt und überhaupt noch nicht veröffentlicht wurde. Zur bessern Orientirung habe ich auf der Planskizze einen Feldweg, sowie den Anfang des Friedrich-Stollens und einige Schächte angedeutet. Schacht Nr. 32 und der Friedrich-Stollen sind auch auf der Uebersichtskarte Taf. IX zur Vergleichung der Lage angegeben.

Buzen und Züge. Die Planskizze und die dazu gehörigen Durchschnitte auf Taf. X lassen erkennen, dass der ganze Erzstock aus z. Th. vereinzelten, meist aber zusammengeflossenen Buzen be-

steht. Der grössere Theil dieser Buzen ist aber sehr in die Länge gezogen, und zwar am häufigsten in der Richtung von Nord-West nach Süd-Ost. Das Erz bildet zahlreiche in dieser Richtung gestreckte schmale Züge, welche, wie die Aufrisse zeigen, unregelmässig linsenförmige Querschnitte besitzen und durchgängig der Schichtung parallel liegen. Diese Erzzüge zeigen sehr verschiedene und oft rasch wechselnde Abmessungen. Ihre Breite beträgt zwischen 1 und 12 m.; ihre Höhe oder Mächtigkeit (in den Vertikalschnitten ersichtlich) an den dicksten Stellen bis zu 5 m.; ihre Länge von 10 bis über 100 m. Sie sind durch Quer- und Seitenzüge mit einander verbunden. Oft verlaufen sie ineinander und bilden dann grössere, sehr unregelmässig gestaltete Erzkörper, welche ebenso unregelmässige Körper von mehr oder weniger taubem Gestein seitlich umschliessen innerhalb der erzführenden Schicht. Von solchen Einschlüssen sind in der Skizze eine Anzahl erkennbar, sowohl kleine, welche gänzlich von Erz umschlossen sind, als auch grössere, welche meist mit dem den ganzen Stock umgebenden Gestein noch zusammenhängen.

Die Vertikalschnitte *ab* und *cd* zeigen auch, dass die Erzkörper an keiner Stelle so mächtig sind, dass sie gleichzeitig den Deckstein und das Sohlgestein (beides Encrinitenschichten) des durch die punktirten Linien angedeuteten „erzführenden Kalks“ berühren. Sie schliessen sich ihrer Lage nach der Gesteinsschichtung an und verbreiten sich von den Schichtfugen aus nach Unten und Oben im Gestein. Ihre grösste horizontale Ausdehnung bildet immer die Verlängerung einer Schichtenfuge. Sie folgen hauptsächlich den beiden Begrenzungsflächen des erzführenden Kalks, am häufigsten der oberen, zwischen der oberen Encrinitenschicht und den sogenannten „Blättchen“; seltener der unteren, noch seltener den Zwischenfugen des erzführenden Kalks selbst. Manchmal springen sie von einer höheren Schichtfläche plötzlich einer Spalte nach in eine tiefere hinab und folgen dann dieser letzteren. Der Schnitt *cd* zeigt dies in auffallender Weise. Die einzelnen Kalksteinschichten sind niemals in ihrer vollen Mächtigkeit da vorhanden, wo die flachen Erzkörper auftreten, sondern wo Erz ist, fehlt ein entsprechendes Volum des Kalksteins, d. h. das Erz

vertritt den Kalkstein in räumlicher Beziehung, ein Umstand, welcher genetisch wichtig ist. An manchen Stellen verschwinden eine oder mehrere Kalksteinschichten gänzlich auf kurze Strecken und sind ersetzt durch die erzreichen Ausfüllungsmassen der Lagerstätten.

Die Ausfüllungsmasse der ihrer Gestalt nach beschriebenen Buzen und Züge besteht nicht ausschliesslich aus Galmei, sondern theilweise und oft sogar vorwiegend aus rothem Thon oder thonig kieseligem Eisenerz, welche jedoch stets mehr oder weniger zinkhaltig sind. Diese verschiedenen mineralischen Stoffe sind aber nicht ganz regellos mit einander vermengt. Vielmehr ist, vornehmlich in den Buzen und Zügen von grösserer wagrechter Ausbreitung, eine gewisse Ordnung in ihrer Ablagerung und in ihren gegenseitigen Lagerungsbeziehungen zu beobachten. Die Ausfüllungsmassen sind nämlich stets unten am reichsten an Galmei und werden nach oben hin mehr eisenhaltig und thonig. Es lassen sich in dieser Hinsicht an diesen Ablagerungen ein unterer, ein mittlerer und ein oberer Theil unterscheiden, deren jeder einen wesentlich verschiedenen Charakter der Ausfüllungsmasse aufweist.

Das reichste und festeste Erz, stellenweise von grauer, doch meist von rother bis rothbrauner Farbe, liegt immer zu unterst und besteht aus vielen welligen Lagen, getrennt theils durch parallele Ablösungsfugen, theils durch flache, nicht selten mit Thon erfüllte Hohlräume. Die Dicke der welligen Lagen ist bald 2 bis 3 cm., bald nur 1 bis 2 mm. Eine vollständige Ablösung einer Lage von der anderen ist gewöhnlich nur auf ganz kurze Erstreckungen von wenigen Centimetern möglich, weil sich überall Stellen vorfinden, an welchen die einzelnen Lagen einander berühren und ineinander fliessen, so dass das Ganze meist leichter in die Quere bricht als parallel zu der Lagerung. Dieser reine und massive Galmei ist von sehr wechselnder Mächtigkeit, häufig etwa 1 m., bisweilen 2 m. und darüber. Derselbe wird durch Bohren und Schiessen in grossen Stücken gewonnen, deren jedes aus einer grösseren oder geringeren Anzahl von zusammenhaftenden Lagen besteht. Er wird demgemäss als „Stückerz" bezeichnet.

Der nächst höhere mittlere Theil der Galmeilagerstätten besteht aus $^1/_2$ bis mehrere cm. dicken, sich vielfach kreuzenden Schnüren von gleichfalls festem Erz, mit grossen Zwischenräumen, die mit rothem Thon oder Letten ganz oder theilweise erfüllt sind. Der Ausdruck „Schnüre“, obgleich für derartige Vorkommnisse gebräuchlich, ist, sowie auch der Ausdruck „Adern“ für dickere Schnüre, ein sehr wenig bezeichnender. Denn diese Vorkommnisse sind fast ohne Ausnahme plattenförmig, und man würde daher besser „Platten“ statt „Adern“ und „Blätter“ statt „Schnüre“ sagen, wenn man nicht im Deutschen zu sehr daran gewöhnt wäre, mit diesen ersteren Ausdrücken Gestalten zu bezeichnen, welche nicht nur flach und parallelflächig, sondern auch ebenflächig sind. Letzteres ist wohl der Grund, weshalb man die so ungeeigneten Ausdrücke „Adern“ und „Schnüre“ für plattenförmige Mineralkörper, welche entweder gewellt oder unregelmässig verbogen sind, beibehalten hat und in diesem Sinne sind dieselben auch hier angewendet.

In dem mittleren Theil der Wieslocher Galmeilager sind nun die unteren Partieen meist grossmaschig; die sich kreuzenden Schnüre oder Blätter sind dick, fest und ziemlich gerade; die Zwischenräume scharfwinkelig. Der Galmei ist hier theils in etwas ausgetrocknete Thone, theils in zerklüftete und verbrochene Kalksteinmassen infiltrirt worden und hat Blöcke der letzteren umhüllt, welche dann erst später in rothe Thone verwandelt wurden. In manchen Hohlräumen finden sich noch jetzt veränderte und nach Aussen thonig werdende Kalksteinblöcke, welche keine scharfen Kanten mehr besitzen, obgleich die Hohlräume, in welchen sie liegen ohne sie auszufüllen, scharfeckig sind. Nach oben hin werden die Galmeischnüre dünner und unebener und der ganze Lagerstätteninhalt erzärmer und thonreicher.

Im oberen Theil der buzenförmigen Lagerstätten ist der Thon weitaus überwiegend. Er enthält dünne und mehr gewellte Erzschnüre, grossentheils zerbrochen, und zahlreiche concretionäre Erzknöllchen von sehr wechselndem Umfang, nämlich von haselnussgrossen unregelmässig gestalteten Knopern abwärts bis zum feinsten, innig in den

Thon eingemengten Grus. Diese Masse muss zur Abtrennung des Thones vom Erz einem besonderen Aufbereitungs- oder Wasch-Prozess unterworfen werden und heisst daher „Wascherz“ oder „Waschlager“. An den meisten Punkten geht dieses Wascherz nach oben und oft auch seitweise über in fast erzfreien Eisenthon, welcher eine Schicht von mehreren Centimetern Dicke bildet und die ganze Ablagerung nach oben abschliesst.

Der Galmei löst sich grösstentheils leicht von den Kalksteinwänden und der Sohle ab und ist häufig durch eine graue oder gelbliche Lettenlage vom Kalkstein gänzlich abgetrennt. An vielen Stellen aber ist dies nicht der Fall und der Galmei haftet da fest am Kalkstein und geht in denselben über. An solchen Stellen finden sich dann die im mineralogischen Theil beschriebenen, in Galmei umgewandelten Versteinerungen als Beweis, dass hier der Galmei nicht durch äussere Anlagerung, sondern durch einen Umwandlungsprocess aus Kalkstein entstanden ist. Der so entstandene Galmei lässt sich meist leicht von dem anders gebildeten gewöhnlichen unterscheiden durch seine grössere Porosität, durch deutlicher krystallines Gefüge, durch die gelben Flecken und Pünktchen von ausgeschiedenem Eisenoker, sowie auch durch das Fehlen des dem übrigen Galmei eigenthümlichen, wellig-lagenförmigen Aufbaues.

Ganz weisser, mit Zinkblüthe vermengter Thon fand sich nur an einzelnen Punkten in grösseren flachen Vertiefungen auf der Oberfläche des festen grauen Galmeis. Der Bleiglanz ist im Galmei unregelmässig vertheilt, meist in losen, oft zerfressenen und zersetzten Stücken.

Blende ist selten im Galmei. Wo sie in geringer Menge darin vorkommt, ist sie in Zersetzung begriffen und geht in Galmei über. Sie zeigt lagenförmigen Aufbau und stalaktitische Gestalten.

Klüfte. Mit den beschriebenen, sich vorzugsweise horizontal ausdehnenden Buzen und Zügen stehen fast vertikale Klüfte in Verbindung, von denen ich diejenigen der Lagerstätte IV in den beiden Vertikalschnitten auf Taf. X angegeben habe. Auch in der zugehörigen

Planskizze ist die Lage dieser Klüfte durch einzelne dicke, gerade Linien angedeutet, wobei indessen zu bemerken ist, dass diese Klüfte nur die die Erze über- oder unterlagernden Kalksteine durchsetzen, nicht aber die Erzbuzen selber. Letztere stellen in vielen Fällen nur seitliche Erweiterungen von mit Erz erfüllten Klüften dar. Das Streichen dieser Klüfte ist ein nicht völlig, aber doch annähernd paralleles, und zwar NW.—SO., bis fast genau N.—S. Sehr bemerkenswerth ist es hierbei, dass in den Lagerstätten des viel stärker zerklüfteten und anders fallenden Hesselgebiets die Haupterzklüfte ebenfalls nordsüdlich streichen. Dies deutet darauf hin, dass die Entstehung derselben in eine Zeit fällt, in welcher die bedeutendsten Störungen in der Hessel noch nicht eingetreten waren. Die Erstreckung dieser Klüfte in der Streichrichtung beträgt von 20 bis gegen 100 m. Auch einige ost-westlich streichende Querklüfte sind auf der Skizze bemerklich; diese sind aber seltener. An beiden Enden ziehen sich alle diese Klüfte keilförmig zusammen und verlieren sich im festen Gestein.

Ueber die Ausdehnung der Klüfte nach oben sind die Ansichten verschieden. Clauss gibt an, sie seien in der Regel bis unter den Löss zu verfolgen, was von Fischer und Häuser entschieden bestritten wird, welche der Meinung sind, dass dieselben sich meist nicht weit über die obere Encrinitenschicht hinaus erstrecken. Der Bergbau ist denselben nur selten genügend weit gefolgt, um diese Frage mit Sicherheit zu entscheiden. Nach unten schliessen sich die Klüfte gewöhnlich rasch unterhalb des erzführenden Kalks, meist schon in den unteren Encrinitenschichten oder um weniges tiefer. Doch reichen im Hesselfeld wenigstens, wie schon oben erwähnt, einige grössere Spalten bis in den Wellenkalk hinab.

Nach der Ausfüllungsmasse dieser Klüfte unterscheidet man „Thonklüfte“ und „Erzklüfte“.

Die Thonklüfte sind verhältnissmässig selten. Sie sind mit zartem, grauem oder gelblichem Thon oder mit sandigen Letten erfüllt und enthalten entweder keinen Galmei oder nur geringe Mengen davon in Gestalt einzelner Nester und Nieren und räumlich beschränkter Imprägnationen.

Die weit häufigeren Erzklüfte sind überall eisen- und zinkhaltig, obgleich nicht überall bauwürdig. Sie sind erfüllt theils mit rothem bis braunem zinkhaltigem Letten, theils mit zinkreichem Brauneisenstein und Oker, theils mit rothem oder braunem Galmei, letzteres insbesondere in der Nähe der Erzbuzen. Diese drei Arten von Ausfüllungsmasse finden sich oft in verschiedenen Theilen einer und derselben Kluft. Die Letten werden in solchen Klüften mit der Teufe reicher an Eisen und Zink und gehen zuerst in zinkreichen Brauneisenstein und sodann in der oberen Encrinitenschicht in braunen Galmei über. Die Klüfte sind in den höheren Schichten oft nur wenige cm. weit, erweitern sich aber plötzlich mit ihrem Eintritt in den „erzführenden Kalk" und bilden da, besonders an ihren Durchkreuzungsstellen mit den Schichtfugen einzelne Erznester, welche sich gewöhnlich in die Fugen selbst hineinziehen; oder sie vereinigen sich mit den oben beschriebenen, grossen, linsenförmigen Buzen und Zügen. Häufig zeigen sich Erzklüfte unterhalb eines Buzens fortgesetzt und beweisen dadurch, dass der Erzbuzen selber in solchen Fällen nur als eine seitliche Verbreiterung des Klufterzes unter Verdrängung des Kalksteins zu betrachten ist. Bei einer der in dem Vertikalschnitt *cd* dargestellten Erzansammlungen ist dies sehr gut erkennbar.

Der Galmei ist innerhalb des erzführenden Kalks am reichsten und am reinsten und wird nach unten zu nicht selten freier von Eisen und grau. Während also der Zinkgehalt in den Kluftausfüllungen nach unten beständig zunimmt, erreicht der Eisengehalt gewöhnlich in der Nähe der oberen Encrinitenschicht (Deckstein) sein Maximum und nimmt von da nach unten und meist auch nach oben hin ab.

Die Verunreinigung des Galmeis durch Thon hängt mit der Beschaffenheit des umgebenden Kalksteins zusammen. Im festen, frischen Kalkstein ist der Galmei selbst fest und rein. Sind dagegen die Wände des anstehenden Kalksteins verändert, weich, thonig, so ist auch der Galmei durch Thon verunreinigt und weniger fest. Diese Thatsache spricht für die Richtigkeit der im ersten Abschnitt entwickelten Ansichten über den Ursprung der Thone und über die Gleichzeitigkeit der Thonentstehung und der Galmeibildung.

Zu den Thonklüften und den Erzklüften tritt, vorzugsweise in den stark gestörten Gebieten der Hessel, noch eine dritte Art von Klüften, welche oft mehrere Meter weit sind, keine bestimmte Streichrichtung verfolgen, wahrscheinlich alle bis unter den Ackerboden heraufreichen und mit verschiedenartigen und wechselnden Gemengen von losen Gesteinsmassen, Thonen, Mergeln, Brocken von Kalkstein, von Eisenstein und von Galmei angefüllt sind. Diese sind, wie ihr Inhalt zeigt, von weit jüngerem Alter. Ihre Entstehung ist der fortgesetzten Wirkung der im Abschnitt B besprochenen Störungsursachen zuzuschreiben. Sie stehen mit der Genesis der Erzlagerstätten in keinem ursächlichen Zusammenhang.

Das Letztere kann füglich auch von den Schlünden und Kanälen gesagt werden, welche Clauss in seiner Abhandlung beschrieben und abgebildet hat und welchen derselbe Autor eine sicherlich unverdiente genetische Bedeutung beigelegt hat. Diese Hohlräume, welche bisweilen einen Durchmesser von 1 1/2 m. erreichen, kommen hauptsächlich unterhalb der oberen Encrinitenschicht vor und sind in den festen Kalksteinen glatt ausgewaschen. Sie stellen ein in Kalksteinen allerorts ganz gewöhnliches Vorkommniss dar. Dass sich darin bisweilen Stücke von Galmei eingeklemmt finden, beweist, dass diese Schlünde weit späterer Entstehung sind als die Erzlagerstätten.

Besondere Verhältnisse in der Hessel. Ganz ähnlich wie in der auf Taf. X dargestellten Lagerstätte IV im Kobelsberg ist auch im Allgemeinen das Verhalten der Erze in den Lagerstätten des Hesselfeldes. Einige besondere dortige Vorkommnisse will ich hier kurz erwähnen.

Im mittleren Theil der Lagerstätte II hat die Vieille Montagne bedeutende Massen des sonst nicht vorwiegenden grauen Galmeis, verbunden mit viel prächtigem Zinkglas, aufgefunden und abgebaut; und etwas südlich davon, in dem damals Reinhardt'schen Gebiete, fand sich in der Thaleinsenkung eine grosse Anhäufung von weissem Galmei, stellenweise zu Tage ausgehend.

In den alten Grubenrissen des Hesselfeldes fehlen die zur Anfertigung von Skizzen über die dortige Erzvertheilung nöthigen Angaben.

Dagegen gebe ich auf Taf. XI eine Darstellung des südlichen, Blende führenden Theils der Lagerstätte V, um eine Vergleichung zu ermöglichen zwischen der Art des Vorkommens von Galmei einerseits und von Blende anderseits.

Besondere Verhältnisse im Blendestock. Die allgemeinen Lagerungsverhältnisse in der Lagerstätte V wurden bereits oben beschrieben. Im nördlichen, Galmei führenden Theil derselben, dessen südliche Hälfte auf Taf. XI noch mit angegeben ist, traf der Bergbau durchgängig dieselben Verhältnisse und Vorkommnisse an, wie in den andern Galmeibezirken. Wie bei der Lagerstätte IV, so schien sich auch bei V der Erzstock in südöstlicher Richtung, mit dem Fallen der Kalksteinschichten, zusammenzuziehen, und, seiner allgemeinen Gestalt nach, in eine Spitze auszulaufen. Eine Untersuchung des in dieser Richtung gelegenen Feldes führte aber zur Auffindung einer grösseren Anzahl von Erzklüften und von Thonklüften mit etwas Galmei, welche alle ein annähernd paralleles Streichen von NW. nach SO. zeigten. In der gleichen Richtung senkten sich die Kalksteinschichten in zunehmendem Grade, so dass ihr Fallen sich allmählich auf 5 bis 10° steigerte. Die verschiedenen angetroffenen Klüfte sind auf der Skizze Taf. XI angegeben. Nur wenige derselben erwiesen sich als bauwürdig.

Auch von dem südöstlichsten Buzen des Galmeigebiets liefen zwei solche parallele Erzklüfte südwärts und wurden bergmännisch verfolgt. Die östliche dieser beiden Klüfte keilte sich bald aus. Dagegen führte die weiter westlich gelegene zur schliesslichen Entdeckung des Blende-Vorkommens. Zwar nahm auch in dieser Kluft das Erz zuerst ab, so dass dieselbe in einiger Entfernung vom Galmeistock nur noch mit gelblichem Thon erfüllt war mit gelegentlichen Eisenerz- und Galmeinestern. Erst etwa 40 m. vom Galmeistock wurde der Thon schwarz und mit Wasser durchtränkt und innig vermengt mit in Zersetzung begriffenen Schwefelmetallen. Gleichzeitig traten an die Stelle der Limonit- und Galmeinester solche von Markasit und Zinkblende. Die Kluft erweiterte sich innerhalb der Begrenzungsflächen des erzführenden Kalks und es zeigten sich nun grössere Ansätze von Eisenkies und Blende zuerst nur dicht unter dem „Deckstein“ (obere Encrinitenschicht). Bei weiterem Vor-

schreiten nahmen die Kiese zu und bildeten grössere zusammenhängende Massen am Deckstein, und unter dem Kies setzte in allmählich zunehmender Menge die Schalenblende ein, den Kalkstein verdrängend. Die Ablagerung nahm sowohl an Mächtigkeit als an horizontaler Ausbreitung zu und führte zuletzt zu einem liegenden Stock von Schalenblende, welcher eine wechselnde Mächtigkeit bis zu 4 m. besass und einen beträchtlichen Theil des erzführenden Kalks räumlich ersetzte und verdrängte. Die fortgesetzte Ausbeutung dieses Erzstocks enthüllte die in der Skizze Taf. XI dargestellten Verhältnisse, welche, wenn man von dem Charakter des Erzes absieht, ganz die gleichen sind wie in den oben beschriebenen Galmeistöcken. Auch diese Lagerstätte zeigt ganz unregelmässige Umrisse. Rundliche Massen von erzführendem Kalk sind seitlich umschlossen, ganz oder nur theilweise, von den abgelagerten Erzmassen. Die Mächtigkeit der Erze ist, was auf der Planskizze nicht ersichtlich sein kann, eine sehr wechselnde von 1 bis 4 m. Es finden also auch hier Verdrückungen und Einschnürungen statt, so dass die Lagerstätte als aus zusammenhängenden Buzen bestehend angesehen werden muss, welchen Eindruck man schon aus dem allgemeinen Ansehen der Skizze gewinnt. Endlich besitzen die zwischen den Kalksteinmassen hindurchgehenden, langgestreckten Buzen oder „Züge“ auch hier ein annähernd paralleles Streichen von NW. nach SO.

Die Ausfüllungsmasse dieses südlichen Theils der Lagerstätte besteht fast nur aus Schwefelverbindungen. Zu unterst liegt überall eine dicke Schicht massiver Schalenblende von der im Abschnitt A beschriebenen Beschaffenheit, mit dünnen Zwischenlagen von Bleiglanz und Eisenkies, in wagrechter Stellung. Den oberen Abschluss dieser festen Erzmasse bildet gewöhnlich eine 1 bis 3 cm. mächtige Lage von Bleiglanz, an dessen Oberfläche grosse oktaëdrische Krystalle hervorragen. Diese selbst sind bisweilen umgossen und bedeckt von dem als „Kiesblende“ bezeichneten krystallinen Gemenge. Die Blende löst sich in der Regel leicht vom Gestein ab.

Zu oberst und am Dach haftend fand sich örtlich, besonders in der Nähe der Klüfte, ein bald dickerer (bis 2 m.), bald dünnerer Ansatz von Markasit, grossentheils in stark zersetztem Zustand und

dann in ein zerreibliches graues Gemenge von Sulfaten und Sulfiden verwandelt.

Der **mittlere Theil** des Lagers, zwischen der Sohle aus Schalenblende und dem Kiesdach, war theilweise oder ganz erfüllt von einer schwarzgrauen, vollständig durchwässerten und breiigen Masse, einem Gemenge von Thon, Sulfiden von Fe, Pb und Zn, und gelösten Sulfaten derselben Metalle. In dieser Masse fanden sich auch die beschriebenen Blendestalaktiten, bisweilen an der Kiesdecke haftend, meist aber lose und die Spitze nach oben gekehrt, Umstände, welche in Abschnitt A erklärt wurden aus dem mineralogischen Aufbau der Stalaktiten und dem zersetzten Zustand der Kiese.

Herr Direktor **Fischer** hatte die Güte, mir folgende Analyse mitzutheilen, welche s. Z. von den festen Bestandtheilen einer, an Schwefelmetallen besonders reichen, Breimasse gemacht wurde, aus der vom Galmeistock herüberziehenden Uebergangskluft:

Zn	23·56
Pb	1·71
Fe	28·00
Sb	1·80
As	3·69
S	27·65
CaO	1·95
Unlöslich	5·26
Verlust	6·38
	100·00.

Hieraus würde sich etwa 35 % ZnS, 2 % PbS und 45 % FeS berechnen lassen. Diese Sulfide, insbesondere das FeS, muss man sich aber zum Theil in Sulfate verwandelt denken, wodurch auch der grosse „Verlust“ erklärlich erscheint, welcher in ausser Acht gelassenem Sauerstoff besteht. Diese Analyse würde von grösserem Werth sein, wenn sie sich auf eine, wenn auch nur annähernde, Bestimmung der Sulfat-Mengen ausgedehnt hätte. In ihrer jetzigen Gestalt dient sie nur dazu, zweifellos festzustellen, dass der besprochene schwarze Brei grossentheils aus einem Gemenge feinvertheilter Schwefelmetalle bestand.

In der Skizze Taf. XI habe ich eine gekrümmte Linie eingezeichnet als „Grenze des Wasserspiegels“. Diese Linie umschliesst den tieferen Theil der Lagerstätte, in welchem sich die geschwefelten Erze befinden. Nach dieser Linie hin fallen die Schichten sowohl von Norden als auch von Westen her. Das Einfallen von Norden ist der Richtung nach das normale; dagegen ist dasjenige von Westen her eine örtliche Erscheinung. Die Stärke des Einfallens ist bedeutend und beträgt z. B. an der Stelle zwischen dem westlich von der Wassergrenze liegenden langgezogenen Galmeibuzen und dem innerhalb der Wasserlinie liegenden Blendestock etwa 30°. Es liegt daher die Vermuthung nahe, dass sich die Blende in einer muldenförmigen Einsenkung abgelagert habe. Die Richtigkeit dieser in praktisch bergmännischen Kreisen herrschenden Ansicht ist durch die bisherigen Aufschlüsse nicht bewiesen worden, indem die Blendeablagerung, soweit sie bis jetzt abgebaut ist, sich in den entgegengesetzten Richtungen, also im Süden und Osten, nicht wieder gehoben, vielmehr bis zuletzt ein im Allgemeinen südsüdöstliches Fallen beibehalten hat. Da dieses vorwaltend südliche Fallen das normale des ganzen geognostischen Gebietes ist, so hat die Anschauung von dem Vorhandensein einer Blende-Mulde nur geringe Wahrscheinlichkeit für sich, wenn auch andererseits die Möglichkeit des Vorhandenseins einer solchen keineswegs ausgeschlossen ist.

Innerhalb der angegebenen „Grenze des Wasserspiegels“ liegt alles Erz unter Wasser und die Gewinnung desselben war s. Z. nur möglich durch beständiges Auspumpen desselben durch den Maschinenschacht M. Die auf der Skizze gegebenen Andeutungen, bezüglich der Art des an jedem Punkt vorkommenden Erzes, zeigen, dass diese Wassergrenze auch die Scheidelinie darstellt zwischen den oxydischen und den geschwefelten Erzen. Erstere liegen über, letztere unter Wasser. Diese bemerkenswerthe Thatsache muss natürlich zu der Vermuthung führen, dass die jetzige chemische Verbindungsart der in den Erzen enthaltenen Metalle mit der Lage über oder unter Wasser in einem inneren Zusammenhang stehe, und eine Ansicht über die Entstehung der Wieslocher Erze, welche nebenbei auch diesen

Umstand ins Licht setzen kann, wird daher einen höheren Grad von Glaubwürdigkeit verdienen, als eine Ansicht, welche diesen Punkt auf einfache Weise aufzuklären nicht im Stande ist.

D. Entstehung der Lagerstätten.

1. Frühere Ansichten.

Von früheren Autoren, welche über die Wieslocher Erzlagerstätten geschrieben haben, sind nur Dr. Herth und Direktor Clauss auf die Genesis derselben näher eingegangen. Bei Beurtheilung der von denselben hierüber ausgesprochenen Ansichten ist zu berücksichtigen, dass das Vorkommen von Blende bei Wiesloch früher unbekannt war. Der Blendestock im Kobelsberg war noch nicht aufgefunden und das Auftreten von Blende-Einschlüssen im Galmei (Clauss spricht nur von „unbedeutenden Spuren") war übersehen worden; ein Umstand, welcher sich sehr leicht daraus erklärt, dass dieses Auftreten kein sehr häufiges und auch der Menge nach geringes ist, dass die im Galmei eingeschlossene Blende stets theilweise zersetzt ist, dass sie auch vermöge ihrer hellen Farbe, ihres kryptokrystallinen Gefüges und ihrer lagenförmig stalaktitischen Gestaltung von dem ganz ähnlich beschaffenen dortigen Galmei nicht so ganz leicht zu unterscheiden ist ohne genauere mineralogische oder chemische Untersuchung. In Folge dieser Unbekanntschaft mit dem Blendevorkommen waren die beiden genannten Autoren darauf hingewiesen, die Entstehung des Galmeis durch unmittelbaren Absatz zu erklären, während jetzt seit der Entdeckung der Blende auch die Entstehung durch Zersetzung der letzteren nothwendig ins Auge gefasst werden muss und in Anbetracht vieler in den vorhergehenden Abschnitten erwähnter Beobachtungen sogar ohne Weiteres als das Natürlichere erscheint.

Herth's Ansichten. Dr. Herth hat von dem zur Zeit seiner Untersuchung fast allein möglichen Standpunkt in seiner eingangs citirten Schrift, p. 27 bis 34, einige beachtenswerthe Bemerkungen über den in Rede stehenden Gegenstand gemacht. Dieselben beziehen sich nur

auf die Hessel; die Kobelsberger Lagerstätten waren damals noch unbekannt. Er sagt p. 27:

„Was die Entstehung der Muschelkalkformation der Hessel betrifft, so ist solche das Erzeugniss eines ruhigen, neptunischen Niederschlags. Die Zerklüftungen und Schichtenfaltungen, welche die ganze Formation der Hessel zeigt, muss also durch eine spätere Wirkung erfolgt sein."

Ferner heisst es p. 31: „Die Bildung des Galmeis in Stöcken etc. lässt sich nur auf neptunischem Wege erklären. Es waren das Zink, sowie sein beständiger Begleiter, das Eisen, als Carbonat im Wasser gelöst. Beide müssen, nach ihrem innigen Zusammenvorkommen, in welchem das Zink als eisenschüssiger Galmei, der Brauneinsenstein als zinkhaltiges Eisenerz sich stets durchdringen, als sekundäre und gleichzeitige Bildungen betrachtet werden, während der Bleiglanz für das Wieslocher Vorkommen als eine ältere Formation betrachtet werden muss." Bezüglich des Metallgehalts der erzabsetzenden Wasser bemerkt Herth, dass das Eisen aus dem anstehenden Gestein ausgezogen und sich zunächst als Carbonat wieder abgesetzt haben könne, während er den Zink- und Bleigehalt der Erze „plutonischen Einflüssen" zuschreibt, über deren vermuthlichen Charakter er sich indessen nicht weiter auslässt.

Die Bezeichnung des Galmeis und der Eisenerze als „sekundäre Bildungen" bedeutet wohl nur, dass dieselben nicht gleichzeitig mit dem Muschelkalk entstanden, also in Hinsicht auf denselben epigen sind. Dass der Bleiglanz älter ist als beide, ist eine sehr richtige und genetisch bedeutungsvolle Beobachtung. Dagegen steht der Ansicht bezüglich des Ursprungs des Eisens die Thatsache entgegen, dass der Eisengehalt der angrenzenden Gesteine noch jetzt vorhanden ist, ja dass er in den veränderten Kalksteinen in der Nähe der Erzlagerstätten nicht etwa vermindert, sondern vielmehr bedeutend vermehrt erscheint.

Die Ansichten von Clauss. Dieser Autor erwähnt, dass er früher an eine Entstehung des Galmeis durch Zersetzung von oxydirter Blende mittelst kohlensauren Kalks geglaubt und mit der bei Wiesloch vorkommenden Schwefelquelle in Verbindung zu bringen gesucht habe,

dass er aber diese Ansicht aufgegeben, weil die Gegenwart von Blende „kaum mehr nachweisbar“ sei und Gyps fast gänzlich mangele (welcher letztere, wie schon Monheim gezeigt hat, bei obiger Zersetzung entstehen muss).

Um seine neugewonnene Anschauung auseinanderzusetzen, beginnt Clauss damit, nachzuweisen, dass die zu oberst liegenden Kalksteinschichten selber das Material zur Dolomit- und Erzbildung enthalten, nämlich beträchtliche Mengen von kohlensaurer Magnesia, 0·7 bis 1·3% Eisenoxyd, etwas Zinkoxyd und Spuren von Bleioxyd. „Es bedurfte nur eines Auslaugungsprozesses und der nöthigen Zeit, um die löslicheren (!) Bestandtheile in grösseren Quantitäten zu extrahiren.“ Dies geschah, nach Clauss, durch die auch jetzt zahlreich vorhandenen Quellen, „deren Kohlensäuregehalt ziemlich erheblich ist“. Diese Quellen extrahirten aus den oberen Schichten Mg, Fe, Zn, Pb, drangen in die darunterliegende, durchklüftete Encrinitenschicht und verwandelten diese in Dolomit, womit gleichzeitig eine Aufnahme von Zn, Fe, Mn und Pb in den entstehenden Dolomit verbunden war. Die kohlensäurereichen Gewässer suchten sich nach unten einen Abfluss, welcher theils durch vorhandene Spalten geschah, theils durch die durch Gesteinsauflösung entstandenen Schlünde und Kanäle. Die so circulirenden Gewässer setzten nun ihren Metallgehalt ab. Hierüber heisst es: „Durch die pseudomorphen Bildungen des kohlensauren Zinkoxyds nach Kalkspath ist nachgewiesen, dass dieses Zinksalz schwerer löslich in kohlensäurehaltigem Wasser ist als kohlensaurer Kalk, und so konnte die Auflösung und Fortführung des kohlensauren Kalks durch jene Gewässer gleichzeitig eine Ausscheidung des in ihnen gelösten kohlensauren Zinkoxyds bewirken, wodurch zahlreiche Absätze übereinander entstanden, welche die lamellenartigen Galmeiablagerungen hervorbrachten.“ Auf gleiche Weise wurde auch kohlensaures Eisenoxydul gleichzeitig abgesetzt, welches sich aber grösstentheils durch Einwirkung sauerstoffhaltiger „Meteorwasser“ in Eisenoxydhydrat verwandelte. Die Entstehung des Bleiglanzes wird sodann folgendermassen zu erklären versucht: „Die in den Meteorwassern gleichzeitig enthaltenen schwefelsauren Salze wurden durch mit ihnen eingedrungene und in den bitu-

minösen Kalkschichten sich darbietende, organische Stoffe zu Schwefellebern reducirt, welche ohne Zweifel sodann die Umwandlung des (gelösten) kohlensauren Bleioxyds in Schwefelblei bewirkten". (Letztere Anschauung stützt sich offenbar auf den bekannten Bischof'schen Versuch. Lehrb. d. chem. u. phys. Geol. I. p. 558.)

Diesen Clauss'schen Auseinandersetzungen ist entgegenzuhalten, dass es unbegreiflich erscheint, wie kohlensäurehaltige Wasser Carbonate von Mg, Fe, Zn und Pb aus dem auch nach Clauss' eigenen Angaben viel leichter löslichen Kalkstein „in grösseren Quantitäten" extrahiren konnten. Auch werden für die Entstehung der eisenhaltigen Erze oxydirende, für die damit vermengten Bleierze gleichzeitig reducirende Einwirkungen verlangt. Der fast durchgängig zersetzte Zustand des im Galmei eingeschlossenen Bleiglanzes ist gänzlich übersehen. Auch habe ich im Früheren gezeigt, dass die Kalksteine nur in der Nähe der Erzlagerstätten einen kleinen Zinkgehalt besitzen, in einiger Entfernung davon aber nicht mehr, woraus hervorgeht, dass dieser Zinkgehalt kein ursprünglicher ist und dass er von den Lagerstätten in den Kalkstein gekommen ist und nicht, wie Clauss meint, aus dem Kalkstein in die Lagerstätten.

Die neuere Entdeckung der Blende und ihrer oben beschriebenen Umwandlungen und Vergesellschaftungen lässt überdies die frühere und, wie mir scheint, mit Unrecht aufgegebene Ansicht von Clauss als die weitaus natürlichere erscheinen. Die von Clauss selbst dagegen erhobenen Einwände sind durch die in neuerer Zeit viel häufiger beobachteten Blendereste im Galmei und durch die im Abschnitt A gegebene Aufklärung über die früher nicht beachteten krystalloïden Hohlräume (Gyps) vollständig gehoben.

Diese ältere Ansicht von Clauss stimmt auch im Wesentlichen mit den werthvollen Untersuchungen Monheim's, mit Pošepny's Beobachtungen zu Raibl, mit den meinigen in Missouri, und mit vielen ähnlichen, die an anderen Orten gemacht wurden, überein, ein Umstand, auf welchen ich ganz besonderen Werth lege. Denn die Wissenschaft wird nicht gefördert, wenn jeder, der eine Lagerstätte untersucht, sich bemüht, in derselben möglichst neue Dinge zu entdecken

und für deren Entstehung möglichst neue Theorien aufzustellen. Vielmehr können Ergebnisse von allgemeinem und dauerndem wissenschaftlichem und praktischem Werth nur dadurch erzielt werden, dass jeder neue Forscher vertrauenerweckende frühere Untersuchungsresultate durch an anderen Orten gemachte Beobachtungen ähnlicher Art zu bestätigen, zu ergänzen und zu verallgemeinern bestrebt ist.

2. Genetische Ergebnisse der vorliegenden Abhandlung.

Alle Thatsachen, auf welche ich eine Theorie der Entstehung der Wieslocher Erzlagerstätten stützen kann, sind in den früheren, vorzugsweise beschreibenden Abschnitten mitgetheilt worden. Es handelt sich daher hier nur noch um geeignete Zusammenstellung und Verwerthung jener Thatsachen zu dem bezeichneten Zweck.

Die Beobachtung, dass die unregelmässig gestalteten Galmeikörper die Kalksteinmasse in den Schichten räumlich vertreten, beweist, dass Kalkstein entfernt worden ist, um Erzen Platz zu machen, dass also der Kalkstein früher als der Galmei vorhanden war. Die sonach epigene Entstehung des letzteren kann auf zweierlei Weise erfolgt sein, entweder durch allmähliche Verdrängung oder durch Bildung von Hohlräumen im Kalkstein und nachherige Ausfüllung derselben mit Galmei. Die beschriebenen Umwandlungsvorgänge einerseits und die an andern Stellen bemerkbare leichte Ablösung des Galmeis vom Kalkstein andrerseits ergeben, dass beide Arten der epigenen Entstehung in den Wieslocher Galmeilagerstätten eingetreten sind. Die erstere ist eine nur örtliche und ausnahmsweise und ist ebenfalls von Hohlräumen ausgegangen; die letztere ist die gewöhnliche. Was die Spaltenausfüllungen anbetrifft, so gehören diese selbstverständlich zu den nach letzterer Art gebildeten Ablagerungen.

Die Blende erfüllt gleichfalls Spalten und Hohlräume und löst sich fast überall leicht vom Nebengestein ab, ist also auch epigen und in vorher gebildeten Räumen abgesetzt. Sonach ist diese Bildungsweise der Lagerstätten für den Galmei die vorwiegende, für die Blende und ihre Begleiter die ausschliessliche gewesen, und wir haben dem-

gemäss zunächst zu betrachten die Entstehung der Hohlräume, sodann die Ablagerung der geschwefelten und endlich die Bildung der oxydischen Erze in und nahe bei diesen Hohlräumen.

a) Entstehung der Hohlräume.

Ueber die Spaltenbildung und deren Ursachen habe ich mich im Abschnitt B mit einiger Ausführlichkeit ausgelassen und die Anfänge derselben, insbesondere die der tiefergehenden Spalten, auf die Hebung des Odenwaldgebirges zurückgeführt. Letztere wird mit der Bildung des Rheinthals in Verbindung gebracht und gewöhnlich in die Tertiärzeit gesetzt. Obgleich mir keine überzeugenden Gründe vorzuliegen scheinen, weshalb die Hebung der das obere Rheinthal begrenzenden Gebirge nicht schon viel früher langsam begonnen haben sollte, so ist es andrerseits unzweifelhaft, dass die Bewegung, wenn auch schon früher begonnen, jedenfalls in der Tertiärzeit nicht nur fortgedauert, sondern gerade dann ihre bedeutendsten Einwirkungen auf die Gestaltung der Oberfläche ausgeübt hat. Mit der allmählichen Herausbildung des Rheinthals traten bei Wiesloch die oben beschriebenen Auslaugungen, insbesondere im Wellenkalk und vielleicht in der Anhydritgruppe ein, und bewirkten örtliche Senkungen und kleinere aber zahlreichere Zerklüftungen in den darüberliegenden Schichten. Diese Zerklüftung hatte ihrerseits wieder ein Durchfliessen der Gewässer durch die Kalksteine und die Entstehung von Hohlräumen durch Auflösung zur Folge. Alles dieses setzt die Möglichkeit eines regelmässigen Wasserablaufs voraus, welcher erst dann erfolgen konnte, als die Bildung des Rheinthals schon bedeutend vorgeschritten war. Die Fertigstellung dieser Hohlräume kann jedenfalls erst in der Tertiärzeit erfolgt sein. Also sind auch die Erzlagerstätten keinesfalls von vortertiärem Alter.

Die Bildung mancher der grösseren, flachen Hohlräume scheint durch einen mit der Hebung des Gebirges verbundenen Horizontalschub vorbereitet worden zu sein. Denn es ist mehrfach, insbesondere im Kobelsberg, die Beobachtung gemacht worden, dass bei ost-westlich streichenden Schichtfalten die Erze mehr am südlichen Abhang der

Antiklinorien angehäuft sind als an dem, dem Schub und der Hebung zugekehrten, nördlichen.

Damit hängt vielleicht auch die meist nach Süden hin zugespitzte Gestalt der Lagerstätten zusammen. An den obersten Theilen der Südschenkel solcher Antiklinorien konnten leicht Querbrüche entstehen, in welchen sich die auswaschenden Gewässer mehr nach der Seite verbreiten und in ost-westlicher Richtung ausgedehntere Hohlräume erzeugen mussten. Solche Querbrüche finden sich, z. B. im nördlichen Haupttheil der Lagerstätte IV. (Taf. X), durch die gegenseitige Lage der erzleeren Zwischenmittel in der That angedeutet.

Es wurde erwähnt, dass kleine erzerfüllte Hohlräume in fast allen Gliedern der Muschelkalkformation jener Gegend vorkommen. Dass die Hohlräume sich aber ganz vorzugsweise in der oberen Encrinitenschicht und dem darunter liegenden, dickgeschichteten Kalkstein gebildet haben, kann nur durch ihre verhältnissmässig stärkere Zerklüftung veranlasst worden sein, deren Entstehung im Früheren auf zwei Ursachen zurückgeführt wurde, nämlich ihre Nähe am Hauptsitz der Auslaugung und ihre weniger thonige, festere und sprödere Beschaffenheit im Vergleich zu derjenigen der nächst höheren und tieferen Ablagerungen.

b) Entstehung der geschwefelten Erze.

Aus den dem Abschnitt A. angefügten paragenetischen Bemerkungen erhellt, dass die geschwefelten Erze im Allgemeinen als die ältesten anzusehen sind und dass sie sich in wechselnder Reihenfolge in zwei deutlich zu unterscheidenden Absatzperioden gebildet haben. Ihr lagenförmiger Aufbau deutet auf oft unterbrochene Bildung und ist in dieser Hinsicht den Jahresringen der Bäume vergleichbar.

Ihr Auftreten in Gestalt grosser Stalaktiten beweist, dass sie durch wässrige Infiltration von oben in die Hohlräume gebracht worden sind. Dies kann nur in solchen Zeiten geschehen sein, in welchen die besagten Hohlräume wasserleer waren. Da sich nun diese oft recht weiten Räume nur bei einigermassen kräftigem Wasser-

durchfluss gebildet haben können, so ist jedenfalls eine bedeutende Verminderung dieses Wasserzuflusses der Erzbildung vorausgegangen, vielleicht im Zusammenhang mit der allgemeinen Hebung. Da aber die geschwefelten Erze jetzt völlig unter Wasser liegen, so müssen sie sich seit ihrer Entstehung wieder gesenkt haben, und aus ihrem grossentheils unverwitterten Zustand geht hervor, dass diese Senkung sehr bald nach ihrer Bildung eingetreten sein muss. Diese Betrachtungen weisen uns hin auf eine Annahme von Hebungen und Senkungen entweder des Wasserspiegels oder wahrscheinlicher des Bodens. Der Absatz der geschwefelten Erze muss zur Zeit einer vorübergehenden Hebung, bei sehr geringem und nur von oben her erfolgendem Wasserzufluss, stattgefunden haben.

Die infiltrirten Lösungen waren sehr dünne und schwache. Sonst hätten sie auch Stalagmiten bilden müssen, deren keine aufgefunden wurden, und hätten nicht nach ihrem Abtropfen noch so dünne, gleichmässige, wagrechte Absätze bilden können, aus welchen die ebenlägige Blende besteht. Dass die ältere oder Schalenblende kryptokrystallin, die jüngeren Absätze aber phanerokrystallin sind, zeigt eine Abnahme der Concentration, d. h. des Metallgehalts, der infiltrirten Lösungen an, und das nur örtliche Auftreten der jüngeren phanerokrystallinen Bildungen deutet gleichzeitig auf eine spätere Verminderung des Zuflusses hin, alles dies zusammen also auf eine allmähliche Erschöpfung der erzbildenden Thätigkeit. Wie früher erwähnt trat die Erschöpfung der Bleiglanzniederschläge schon mit dem Schluss der Schalenblendeperiode ein.

Die Reinheit der Wieslocher Sulfide von Thon und Sand und die Abwesenheit von Kalkspath oder dessen Spuren beweisen, dass die Auflösung von Kalkstein während des Absatzes der geschwefelten Erze fast gänzlich aufgehört hatte, was bei dem schwachen Wasserzufluss nicht zu verwundern ist.

Ueber den Ursprung und Charakter der metallführenden Lösungen lassen sich nur Vermuthungen aufstellen. Es ist dies bekanntlich der noch dunkelste Punkt in der Entstehungsgeschichte der Erzlagerstätten überhaupt.

Bezüglich des Ursprungs des Metallgehalts so vieler in der äusseren Erdrinde zirkulirender Wasser gibt es zweierlei Ansichten, deren eine eine Extraktion von, besonders in krystallinen Gesteinen, vorhandenen Metallspuren annimmt, die andere ein Gelöstsein der Metalle von Anfang an im Quell- wie im Meerwasser und eine ewige Zirkulation, mit gelegentlichem Absatz in festen Verbindungen, späterer Zersetzung und Wiederauflösung unter veränderten Umständen, und abermaligem Niederschlag an andern Orten. Wahrscheinlich sind beide Ansichten richtig, für manche Fälle die eine, für andere Fälle die andere. Die erstere Ansicht kann indessen nur auf die Angabe einer Urquelle Anspruch machen. Sobald die Metalle einmal extrahirt sind, fallen sie nothwendig unter den Einfluss der allgemeinen Wasserzirkulation und die zweite und umfassendere Anschauung wird auch hier als Ergänzung unvermeidlich.

Da die Wieslocher Lösungen unzweifelhaft von oben kamen (wie dies nach meiner Ansicht für recht viele Erzlagerstätten der Fall war), dürfte es als nicht unwahrscheinlich erscheinen, dass beim allmählichen Zurücktreten des Keuper- oder Liasmeeres im Meerwasser enthaltene metallische Stoffe durch die reduzirende Einwirkung verwesender Organismen in den Uferablagerungen als Schwefelverbindungen fixirt, später wieder oxydirt und durch atmosphärische Gewässer in die unterlagernden Kalksteine geführt wurden.

Was den Charakter der Lösungen anbetrifft und den chemischen Vorgang, durch welchen die Wieslocher Sulfide niedergeschlagen wurden, so lässt sich einerseits ein Niederschlag aus beliebigen Lösungen mittelst gasförmigen oder gelösten Schwefelwasserstoffs oder gelöster Schwefelalkalien, andererseits eine Reduktion gelöster Sulfate durch Zusammentreffen mit Lösungen von organischen Stoffen vermuthen.

Schwefelwasserstoffhaltige Quellen kommen noch jetzt südlich von Wiesloch vor. Sie entströmen theils dem Lias, theils dem Keuper, und da nach früher Gesagtem eine dereinstige Ueberdeckung der dortigen Erzgegend durch Keuper (und vielleicht sogar durch Lias) sehr wohl angenommen werden kann, so erhält die erste Annahme hierdurch eine Stütze. Andrerseits deutet das im Abschnitt A beschriebene Ent-

weichen von reducirenden Gasen aus Bleiglanz und Blende beim Erhitzen derselben auf eine Reduktion von Sulfaten durch organische Stoffe hin. Für die Entscheidung dieser Frage sind sichere Anhaltspunkte in den Wieslocher Verhältnissen nicht gegeben.

c) Entstehung der oxydischen Erze.

Das wichtigste oxydische Erz ist bei Wiesloch der Galmei. Im Abschnitt A haben wir zwei Arten der Galmeibildung kennen gelernt, welche, nach den dort gegebenen mineralogischen Beschreibungen, ganz zweifellos beide in den Wieslocher Lagerstätten zur Wirkung gekommen sind, nämlich die Bildung dieses Minerals durch Zersetzung von Blende und diejenige durch Umwandlung von Kalkstein. Neben diesen muss aber noch eine dritte als möglich in Betracht gezogen werden, die Bildung durch unmittelbaren Absatz.

Galmei durch Zersetzung von Blende. Aus den im mineralogischen Theil mitgetheilten Beschreibungen von Stufen, welche die Zersetzung der Blende zeigen, geht hervor, dass diese Zersetzung an den hängenden Stalaktiten begonnen hat, und zwar durch Lösungen, deren Lauf an den Stalaktiten selbst zu verfolgen ist; dass aber die meisten Stalaktiten bald sich müssen losgelöst haben, worauf die Zersetzung in noch stärkerem Masse sich fortsetzte und hauptsächlich ins Innere eindrang. Da die Blendestalaktiten fast immer mittelst des zuerst gebildeten, leicht zersetzbaren Markasites an das Dach geheftet waren, so ergibt sich als sehr wahrscheinlich, dass es die herabträufelnden Zersetzungsprodukte des Markasites selbst waren, welche hier die Zersetzung der Blende bewirkten; eine Einwirkung, welche man auch schon anderswo beobachtet hat. Dies wird noch dadurch bekräftigt, dass bei allen Blende-Zersetzungen, gemäss obigen Beschreibungen, stets ansehnliche Mengen von Eisenoker auftreten, welche bei dem geringen Eisengehalt der Blende nicht ausschliesslich aus dieser herrühren können, um so weniger als das Endprodukt der Zersetzung zumeist stark eisenhaltiger brauner Galmei war, welcher sich vorhangförmig an die Stalaktiten angehängt hat.

Da bei Zersetzung der Eisenkiese, nach Senfft's Untersuchungen,

nicht nur Eisenvitriol und freie Schwefelsäure, sondern auch Sulfate von Eisensesquioxyd auftreten, so können diese Erzeugnisse leicht oxydirende Einwirkungen ausüben, abgesehen von sonst vorhandenem Sauerstoff.

Die fast überall in dem Galmei bemerkbaren krystalloïden Hohlräume, von früheren Gypskrystallen herrührend, zeigen, dass die Blende, grösstentheils wenigstens, zuerst in Zinksulfat muss umgewandelt worden sein, welches sich dann mit Calciumcarbonat, sei es in Lösung oder fest, in Galmei und Gyps umgesetzt hat, wie solches auch an anderen Orten nachgewiesen worden ist. Daraus erklärt sich auch die Abwesenheit des Kalkspaths im Galmei.

Diese Umsetzung lässt sich leicht auch künstlich bewirken. Wenn man sehr feines, am Besten durch Fällung erhaltenes Calciumcarbonat mit einer etwas Fe-haltigen Lösung von Zn-Sulfat übergiesst und, sei es bei Gegenwart von Kohlensäure oder ohne dieselbe, einige Tage stehen lässt, so erkennt man nachher, bei Prüfung des Erzeugnisses unter dem Mikroskop, dass sich der feine, flockige Kalk in undeutlich krystalline Körnchen und knollige Zusammenhäufungen von braungelber, und zum Theil schön honiggelber Farbe verwandelt hat, vermengt mit kleinen weissen, monoklinen Säulchen und feinen Nädelchen von Gyps. Zieht man sodann den Gyps durch wiederholtes Kochen mit Wasser aus, so bleibt ein gelbliches, unter dem Mikroskop krystallin erscheinendes Pulver zurück, welches sich bei chemischer Untersuchung als ein etwas Fe-haltiges Zn-Carbonat ausweist. Beachtenswerth ist, dass hiebei der Zinkspath (welcher doch auch häufig krystallisirt vorkommt) körnigkrystallin, also galmeiartig, dagegen der mit ihm vermengte Gyps (welcher doch auch häufig derb vorkommt) in Gestalt von Krystallen auftritt, wie beides bei der natürlichen Entstehung des Wieslocher Galmeis der Fall war. Die Farbe ist ungefähr dieselbe wie die des in reichlicher Menge vorkommenden bräunlichgelben Galmeis der Lagerstätten.

Da bei Gegenwart von Bariumcarbonat, welches ich in den Wieslocher Kalksteinen nachgewiesen habe, durch ähnliche Umsetzung Bariumsulfat entstehen muss, so erklärt sich hieraus das so häufige Vorkommen von feinen Schwerspathnadeln im Galmei.

Die Umwandlung oxydirter Blende in Galmei durch gelöstes Ca-Carbonat setzt eine vorherige Auflösung des letzteren aus den Kalksteinen voraus, wovon wieder, nach früheren Ausführungen, eine Thonbildung die unausbleibliche Folge muss gewesen sein. Ein Theil des vorhandenen Thons steht daher mit dem Galmei in genetischem Zusammenhang. Wenn die Calciumlösungen den gleichzeitig entstehenden Thon in Suspension mit sich fortführen, so werden die Erze, welche sich mit Hilfe solcher Lösungen bilden, durch Thon verunreinigt. Deshalb enthält auch der aus Blende entstandene Galmei in allen Theilen der Lagerstätten wechselnde Mengen von feinem Thon, obgleich die Blende, nach der jetzt noch vorhandenen zu schliessen, fast frei davon war.

Galmei durch Umwandlung von Kalkstein. Ueber diesen Gegenstand wurde im Abschnitt A Ausführliches mitgetheilt. Diese Umwandlung ist, wie auch die Dolomitisirung, eine nur örtliche und sozusagen zufällige Erscheinung und hat vorzugsweise die schon von Anfang an weniger dichte obere Encrinitenschicht betroffen. Da manche der in Galmei umgewandelten Kalksteine, besonders wenn sie ein ungleichmässig- und grossporöses Gefüge besitzen, ebenfalls krystalloïde Hohlräume, wenn auch meist weniger deutliche enthalten, so lässt sich annehmen, dass die Umwandlung an besonders günstigen Stellen schon durch die Galmei bildenden Sulfatlösungen bewirkt worden sei. Die meisten dieser Gesteine besitzen aber ein mehr gleichförmiges und feinporöses, dolomitähnliches Gefüge ohne Krystallräume, und diese müssen ihre Umwandlung der Einwirkung von schon gebildetem und in kohlensaurer Lösung befindlichem Zn-Carbonat auf den Kalkstein zu verdanken haben.

Ein innerer genetischer Zusammenhang zwischen der Dolomitisirung und Galmeibildung besteht bei Wiesloch ebensowenig als in Missouri und an andern Orten. Während in Süd-West-Missouri die dort in weit grösserem Massstabe aufgetretene Dolomitisirung, auf theils unmittelbare, theils mittelbare Weise, Räume schaffte für die Ablagerung der Erze und daher wenigstens die äussere Gestalt und Ausdehnung der Lagerstätten wesentlich mitbestimmte, hat dieselbe bei Wiesloch

nicht einmal diesen bloss äusserlichen Einfluss aufzuweisen. Die oben aufgeführte Analyse eines Zinkdolomits mit 41 % Zn und kaum 1 % Mg (also den ursprünglichen Gehalt des Gesteins an Mg kaum übersteigend), deutet an, dass der eigentlichen Dolomitisirung auch nicht wohl eine die Aufnahme von Zn nothwendig einleitende Bedeutung kann zugeschrieben werden.

Galmei durch direkten Absatz. Dass ein geringer Theil des jetzt vorliegenden Galmeis durch Auflösung schon vorhandenen Galmeis und direkten Wiederabsatz an andern Stellen der Lagerstätten, kurz durch „Wanderung“ in seine jetzige Gestalt und Lage gebracht worden sei, darüber kann schon deshalb kein Zweifel sein, weil untrügliche Beweise da sind, dass die Wanderung des Galmeis auch in der Neuzeit noch fortdauert. Wie schon Clauss in seiner Abhandlung p. 54 bemerkt hat, wurden wiederholt in alten Bauen nicht nur mit Galmei verkittete Brekzien, sondern auch mit Galmei und Eisenstein überzogene hölzerne und eiserne Geräthschaften, sowie solche Absätze auf alter Zimmerung vorgefunden.

Die jüngsten Galmeibildungen, insbesondere das Zinkglas und die meisten Zinkspathdrusen sind jedenfalls diesem gewanderten Galmei zuzurechnen. Zinkglas in grösserer Menge ist auch nur da vorgekommen, wo, wie z. B. an einzelnen Stellen der Hessel, spätere Auswaschungen, Bodensenkungen und Brüche stattgefunden haben, weshalb das Zinkglas nicht selten Bruchstücke des gewöhnlichen Galmeis überzieht und verkittet.

Eine andere Frage ist es, ob die ersten und ursprünglichen Erzabsätze, welche nach Obigem mindestens zum Theil Schwefelverbindungen waren, nicht zu einem andern Theil schon von Anfang an aus Galmei bestanden. Diese Frage kann mit ziemlicher Bestimmtheit in verneinendem Sinne beantwortet werden. Für die Ansicht, dass die ganze Hauptmasse der oxydischen Wieslocher Zinkerze durch Umwandlung aus Blende, und zwar aus Schalenblende, entstanden sei, sprechen folgende Umstände:

1. die Aehnlichkeit in der allgemeinen Gestalt der fast ausschliesslich Galmei führenden Lagerstätten einerseits und des fast ausschliess-

lich Blende führenden südlichen Theils der Lagerstätte V andererseits, wie sich aus einer vergleichenden Betrachtung der Skizzen auf Taf. X und XI ergibt;

2. die Aehnlichkeit in der Art und Vertheilung der Ausfüllungsmassen der Lagerstätten. So wie der Blendestock in V zu oberst aus Kies- und Blendestalaktiten, in der Mitte aus thonigen und halbzersetzten Massen, zu unterst aus fester lagenförmiger Blende besteht, so ist auch in den Galmeistöcken der obere Theil am reichsten an Eisen, der mittlere thonig mit Galmeischnüren, wie sie sich durch Zersetzung von Stalaktiten unter diesen Umständen bilden müssen, und zu unterst liegt der oft noch deutlich als lagenförmig zu erkennende, festeste und reinste Galmei;

3. die gänzliche Abwesenheit von direkt abgesetztem Galmei im Blendestock;

4. die im Galmei noch vorkommenden Reste von Blende, welche eine unverkennbare Aehnlichkeit besitzen mit den halbzersetzten Stalaktiten, welche sich im Blendestock finden;

5. die fast allgemeine Verbreitung der krystalloïden Hohlräume und der Schwerspathnadeln im Galmei;

6. die durchgängig angegriffene, zerfressene Beschaffenheit des im Galmei eingeschlossenen Bleiglanzes und dessen Vorkommen darin als zerbrochene und getrennt eingehüllte Massen und Knopern;

7. der Umstand, dass bei der Lagerstätte V die Grenze des Wasserspiegels mit der Grenze der Blende genau übereinstimmt, so dass angenommen werden muss, dass es nur die beständige Bedeckung mit Wasser ist, welche die im südlichen Theil der Lagerstätte vorhandene Blende verhindert hat, sich in Galmei zu verwandeln.

Diese Umstände sind hinsichtlich ihrer genetischen Bedeutung von so übereinstimmender Art und in ihrer Gesammtheit in solchem Grade beweisend für das ursprünglich ausschliessliche Vorhandensein von geschwefelten Erzen in den Wieslocher Lagerstätten, dass mir irgend eine andere Anschauung hierüber kaum mehr möglich erscheint.

Ueber Ursprung und Entstehung der Eisensteine und Thone, des

Bleisulfats und Cerussits, des Pyromorphits und der Zinkblüthe wurde schon im Abschnitt A das Nöthige bemerkt.

E. Geschichte des Bergbaus.

Der Bergbau der Umgegend von Wiesloch ist ein sehr alter, und wurde mit sehr wechselnden Erfolgen betrieben. Der Gegenstand der Gewinnung war zu verschiedenen Zeiten ein verschiedener, und zwar bald Eisenerze, bald silberhaltiger Bleiglanz, bald Galmei, wozu neuerdings noch die Zinkblende getreten ist.

Bevor ich auf die geschichtliche Entwicklung dieses Bergbaus eingehe, will ich hier einige bekannte allgemeine Thatsachen kurz anführen, deren Kenntniss zum Verständniss des Folgenden nothwendig ist. Obgleich das metallische Zink einzelnen Chemikern schon zu Anfang des 16. Jahrhunderts scheint bekannt gewesen zu sein (H. Kopp, Gesch. d. Chem. 1845. IV. p. 120), geschieht die metallurgische Darstellung desselben (nach Gurlt, Bergbau und Hüttenkunde. Essen. 1877. p. 29) erst seit Mitte des 18. Jahrhunderts. Sie wurde zuerst bei Bristol in England betrieben und 1798 nach Deutschland verpflanzt. Die Gewinnung und Verwendung des Galmeis ist aber viel älter. Derselbe wurde früher gebrannt und mit Kupfer oder Kupfererzen zusammen verschmolzen, um Messing und Bronze zu erhalten, oder er wurde zu dem gleichen Zweck, in gebranntem Zustand und in Fässer verpackt, in den Handel gebracht. Diese Benützung des Galmeis (Cadmia) kannten bereits die Griechen und Römer (Kopp, Gesch. d. Chem. IV. p. 113). Manche römische Kaisermünzen halten gegen 20 % Zink. Noch älter ist das geschmiedete Eisen, welches die Aegypter schon kannten mehrere Tausend Jahre v. Chr. (Gurlt, p. 9) und welches die Assyrer reichlich benützten (Percy, Iron and Steel, London. 1864. p. 874). Die Römer erzeugten dasselbe u. A. auch an verschiedenen Orten in Germanien. Steiermark (Noricum) lieferte schon 300 v. Chr. vorzügliche Schwerter (Gurlt, p. 12).

Das häufige Vorkommen von Brauneisenstein in der Umgegend

von Wiesloch, theils mit den Zinkerzen, theils ohne dieselben, und zwar oft in der Nähe der Erdoberfläche, lässt eine frühere Eisenerzeugung auch da als möglich erscheinen. Bronn sagt in Mone's „Badisches Archiv". Karlsruhe 1827. II. p. 84: „In der Hässel bei Wiesloch finden sich zahllose halbverschüttete Tagebaue, welche bis in ein Thoneisensteinlager niedergingen, jetzt aber noch als trichterförmige Vertiefungen erscheinen, 20—25 Fuss tief". Auch G. Leonhard (Beitr. III. p. 123) erwähnt die „Hunderte von Pingen", welche sich auf der Höhe der Hessel vorfinden, und sagt, dass noch 1829 ein alter Schacht geöffnet war, in welchem Brauneisenstein und etwas tiefer auch Bleiglanz anstanden. Beide Autoren, wie auch später Herth, glaubten, dass bei diesem Abbau Bleiglanz der Hauptgewinnungsgegenstand gewesen sei. Da aber der Bleiglanz sich erst in grösserer Tiefe zeigt, so erscheint es als nicht ganz unwahrscheinlich, dass diese Baue ursprünglich auf zu Tage ausgehende, mit Brauneisenstein erfüllte Klüfte angesetzt waren und dass man zunächst den Eisenstein selbst abbaute. Diese Vermuthung gewinnt indessen nur dadurch einige Bedeutung, dass sie durch folgenden Umstand unterstützt wird.

Nach vielen übereinstimmenden Berichten wurden früher beim alten Juden-Gottesacker zu Wiesloch grosse alte Schlackenhalden gesehen. Herth (In.-Diss. p. 14) gibt eine Analyse dieser Schlacken, welche danach etwa 18 % SiO_2, 64 % FeO, und ausserdem nur MnO, Al_2O_3 und CaO enthalten. Er schliesst aus dem hohen Eisengehalt, welchen Schlacken aus Eisenhohöfen in der Regel nicht zeigen, auf die Irrigkeit der schon damals aufgetretenen Ansicht, dass diese Schlacken von einer Eisenerzeugung herrühren. Er übersieht dabei aber, dass die grossen Hohöfen, welche jetzt fast eisenfreie Schlacken liefern, erst im laufenden Jahrhundert aufkamen (Gurlt, Bb. u. Hk. p. 26) und dass die ältesten Spuren von Roheisenerzeugung überhaupt nicht weiter zurückzuverfolgen sind als in's 14. Jahrhundert (Percy, Iron and Steel. London 1864. p. 878), wogegen Schmiedeisen und stahlartige Erzeugnisse seit undenklichen Zeiten bekannt gewesen sind. Letztere wurden unmittelbar aus Erzen durch Reduktion ohne Schmel-

zung, durch die sogenannten Rennprozesse dargestellt, bei welchen gerade solche eisenreiche Schlacken fallen, wie die bei Wiesloch gefundenen. Andrerseits sind Schlacken vom Bleierzschmelzen ausnahmslos Pb-haltig, und zwar enthalten sie meist über 2 % davon, während in den alten Wieslocher Schlacken (nach Herth, Diss. p. 14) sowohl Pb als Zn völlig abwesend sind. Es scheint mir daher im höchsten Grade wahrscheinlich, dass jene Wieslocher Schlacken nicht vom Bleischmelzen, sondern von einem alten Eisenbetrieb herrühren. Ueber die Zeit, wann ein solcher Betrieb stattgefunden, lässt sich allerdings mit Bestimmtheit nichts angeben, weil die Benützung der Rennprozesse bis in die neueste Zeit hereinreicht.' Sie mögen zum Theil den Römern zuzuschreiben sein, welche, nach Leonh. Beitr. III, p. 117, auch bei Pforzheim Eisenerze verschmolzen haben; zum andern Theil mögen sie von dem im 17. Jahrhundert betriebenen Eisenschmelzen herrühren.

Die Geschichte des Wieslocher Bergbaues, soweit sie auf etwas festerer Grundlage beruht, theilt sich in drei verschiedene und durch längere Stillstände getrennte Betriebs-Perioden, nämlich:

1. die Arbeit auf Silber und Blei im 8. bis 11. Jahrhundert;

2. die Gewinnung von Galmei zur Messingdarstellung und die Eisenerzeugung im 15. bis 18. Jahrhundert;

3. die Gewinnung von Galmei und Blende zur Darstellung von Zinkmetall im 19. Jahrhundert.

I. Periode. Der alte Bergbau auf Silber und Blei.

Gurlt sagt in seiner schon oben citirten, mit viel Sorgfalt und Sachkenntniss ausgearbeiteten kleinen Schrift „Bergbau und Hüttenkunde“ auf Seite 15: „Karl der Grosse schenkte 786 seinen Söhnen Ludwig und Karl die Ortschaften Aschau und Wiesloch mit allen dazu gehörigen Regalien, unter denen Goldwäschen am Rhein und die Bergwerke besonders aufgeführt werden“. Da Aschau mit seinen früheren Goldwäschereien am Inn in Oberbaiern liegt und ungefähr um die angegebene Zeit die Unterwerfung Baierns durch Karl d. Gr. fällt, so trägt diese Angabe keineswegs den Stempel des Unwahrscheinlichen an sich.

Doch ist es mir, trotz eifriger Nachforschungen in Sammlungen karolingischer Urkunden, nicht gelungen, die Quelle, aus welcher dieselbe geschöpft ist, ausfindig zu machen.

Wiesloch ist ein sehr alter Ort und wird in mittelalterlichen Urkunden erwähnt als „Wezinloch“, „Wizenloch“, „Wizzinloch“ u. dgl. Es wird zuerst als Dorf, lat. „villa“, bezeichnet, wurde 965 zum Marktflecken erhoben und scheint um die Mitte des 11. Jahrhunderts Besitzthum des reichen Klosters Lorsch (Lauresheim, Lauresham) gewesen zu sein und speziell der zu diesem Kloster gehörigen Probstei Abrinisberg auf dem jetzigen „Heiligenberg“ bei Heidelberg unterstanden zu haben.

Die Urkundensammlung des Klosters Lorsch, Codex Laureshamensis, Mannheim 1768, gibt im Band I hierüber mancherlei Aufklärung. Nach p. 80 wurde der „Aberinesberk“ von König Ludwig dem Kloster „Lauresham“ geschenkt am 18. Januar 882. Nach p. 126 gestattete Kaiser Otto der Grosse durch Urkunde vom 8. Mai 965 dem zum „cœnobium Sancti Nazarii in Lauresheim“ gehörigen Dorf „Wezinloch“ einen öffentlichen Markt und bestimmte die Einkünfte daraus „ad servitium Sti Michaelis in Abramesberg seu sancti Nazarii in Lauresham“. Diese Gewährung wurde, nach p. 139, am 14. Januar 987 von Otto III. und, nach p. 191, im Jahr 1067 von Heinrich IV. urkundlich bestätigt. In letzterer Urkunde heisst es: „in villa quadam Wezenloch ejusdem cœnobii propria“. Wiesloch war also damals Eigenthum des Lorscher Klosters. Auf Seite 216 sind die von verschiedenen Ortschaften an das Kloster zu Abrinisberg zu zahlenden jährlichen Abgaben aufgeführt und darunter in Bezug auf Wiesloch Folgendes: „In festo sancti Remigii de Wezenloch persolvuntur II talenta et dimidium de curtibus, in festo autem sancti Martini et in pascha de hubariis III talenta persolvenda sunt. De monte autem ubi argentum foditur I marca et de mercato XX marcae.“ Das Datum fehlt hier. Das diesen Notizen in der Sammlung nachfolgende Dokument ist aber von 1095, woraus man entnehmen kann, dass die in den Notizen erwähnten Verhältnisse schon vor diesem Jahre vorlagen. Damit übereinstimmend bemerkt Bronn in Mone's Bad.

Archiv II, p. 84: „Alte Leute erinnern sich, dass der Ort (die Hessel) sonst der Silberberg geheissen (B. citirt hier: Bronner, Bad. Landw. Verhdl. II, 31—34), und alte Chroniken berichten, dass bei Wiesloch schon im Jahr 1070—1080 ein Berg gewesen, wo man auf Silber gegraben“.

Die obigen Lorscher Urkunden finden sich auch aufgenommen in Marquard Freher's „Originum Palatinorum Commentarii Appendix. Heidelbergae 1599“.

Da in der selbst weiteren Umgebung von Wiesloch niemals Spuren anderer silberhaltiger Mineralien aufgefunden worden sind, so konnte die in den Kloster-Notizen angedeutete Silbergewinnung nur den silberhaltigen Bleiglanz zum unmittelbaren Gegenstand haben. Nun ist allerdings der in den dortigen Zinkerzlagerstätten vorkommende Bleiglanz (nach Abschnitt A d. Bl.) recht arm an Silber; allein, wie Rohatzsch (Leonh. Beitr. II, p. 111) zutreffend bemerkt, stand das Silber zu Ende des 11. Jahrhunderts in so hohem Werthe, dass auch ein geringer Gehalt der Erze lohnend sein konnte. Dem mag noch beigefügt werden, dass die Arbeitslöhne damals niedrig waren, dass überdies, wie aus den Lorscher Urkunden ebenfalls ersichtlich, das Kloster auf seinen Gütern Leibeigene besass und dass endlich auch das Blei einen höheren Werth hatte und die Kosten decken half. Vielleicht war ausserdem der Bleiglanz in oberen Teufen etwas reicher an Silber. Derselbe hatte jedenfalls nach Bronn's Beschreibung der 1827 noch findbaren Reste um die alten Pingen eine verschiedene Krystallisationsform (Hexaëder) als der in den tieferliegenden Galmeimassen vorkommende (nur Oktaëder).

Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, dass die 1851 entdeckten und von Herth (In.-Diss. p. 12) und G. Leonhard (Beitr. III. p. 123) beschriebenen alten Baue hauptsächlich von diesem Betrieb auf Silber im elften Jahrhundert herstammen, wenn man sie nicht zum Theil den Römern zuschreiben will. Die Gänge waren sehr zahlreich, enge und unregelmässig. Herth vergleicht sie in ihrer Gesammtheit einem „Bienenhaus“. Sie waren durch den massigen Galmei getrieben, welcher selber soweit möglich unberührt blieb, ja

oft als Versatz benützt wurde, woraus auf eine frühe Zeit zu schliessen ist, in welcher die Kenntniss des Werthes dieses Minerals noch nicht sehr verbreitet war. Derjenige Galmei, welcher nothwendig gefördert werden musste, blieb am Tage unbenützt liegen und Stücke davon waren sogar noch 1851 über die ganze Hessel verbreitet.

Aus G. Leonhard's Angaben (Beitr. III, p. 123) lässt sich vermuthen, dass man bei diesem frühen Bergbau zuerst zahlreiche kleine Schächte auf der Höhe der Hessel, vielleicht in frühester Zeit zuerst auf Eisenstein, jedenfalls aber später auf den diesem schon in geringer Tiefe beibrechenden Bleiglanz niederbrachte und später die kleinen Nester und Schnüre von Bleiglanz in den über 100 Fuss tief liegenden Galmeiablagerungen entdeckte und abbaute und dadurch diese Ablagerungen für den Galmeibergbau späterer Jahrhunderte aufschloss. Dass es sich bei dem alten Bergbau in den Galmeilagerstätten selbst um den Bleiglanz handelte, geht aus einer Beobachtung Herth's hervor, welcher die alten Baue selber befahren hatte. Er sagt (In-Diss. p. 27): „Bleiglanzadern sind von den früheren Bergleuten völlig ausgebeutet; nur hier und da findet man im Dachgestein, besonders unter dem verschütteten Gestein, ein Galmeierz mit eingesprengtem Bleiglanz, mit welchem es ganz verwachsen ist“.

Bei dem spärlichen Vorkommen des Bleiglanzes im Galmei und dessen Armuth an Silber konnte dieser Bergbau mit dem Sinken des Silber- und Bleiwerthes und dem Steigen der Arbeitslöhne nicht fortbestehen. Wann derselbe aufgehört, ist nicht bekannt. Die Bemerkung in Mone's Zeitschrift für die Geschichte des Oberrheins I, p. 43, dass der Bergbau im 15. Jahrhundert noch im Gange war, ist durch nichts gerechtfertigt, da über eine Fortdauer jenes frühen Bergbaues keinerlei Nachrichten vorhanden sind. Die Sage von einem früheren Silberbergbau in der Gegend erhielt sich aber. Widder (Beschr. d. Pfalz 1786, I, p. 234) spricht davon und fügt bei: „Wo dieses Bergwerk gewesen, weiss man nicht. Wenigstens wird von vielen Jahrhunderten her keine weitere Meldung davon gethan“. Die spätere Auffindung der alten Baue hat gezeigt, dass dieses Bergwerk im südlichen Theil der Hessel, in der Nähe des Schachtes „Nr. 1“ (s. Karte),

gelegen war und sich nicht nur über den ganzen südlichen Theil der Lagerstätte II verbreitete, sondern noch weit darüber hinaus, vorausgesetzt, dass die von Leonhard (Beitr. III, p. 124) angeführten Abmessungen der alten Baue, nämlich 600 m. nach Südosten, 300 m. nach Süden und Südwesten und westlich bis jenseits der Heidelberger Strasse, als richtig angenommen werden.

Nach diesen letzteren Angaben müssten sich die Baue nach Süd-Osten hin bis in den Wellenkalk hinein erstreckt haben, entweder als Versuchsbaue oder zum Zweck des Abbaus der sporadisch darin vorkommenden kleinen Bleiglanznester. Jedenfalls ist, wenn auch obige Zahlen etwas übertrieben sein sollten, eine grosse Ausdehnung der alten Baue unzweifelhafte Thatsache. Was das Alter dieser Baue anbelangt, so scheint Leonhard sich der Ansicht hinzuneigen, dass ein Theil derselben vom Galmeibergbau des 15. Jahrhunderts herrühre. Da aber, wie ich im Folgenden zeigen werde, die hierauf bezüglichen Dokumente des 15. Jahrhunderts nur von Galmeigewinnung bei Nussloch sprechen, halte ich die Meinung Herth's für die richtigere, welcher auf die, gerade in den von Leonhard als jünger betrachteten Theilen dieser Baue vorgefundenen, bedeutenden Tropfsteinbildungen und deren durchweg rein weisse Farbe, mit Recht aufmerksam macht, als Beweise, dass die Gruben von sehr hohem Alter und seit ihrer frühen Betriebseinstellung nicht mehr betreten worden sind.

2. Periode. Gewinnung von Galmei, Bleiglanz und Eisenstein im 15. bis 18. Jahrhundert.

Obgleich die Verwendung des Galmeis zur Herstellung von Messing und Bronze und daher auch die bergmännische Gewinnung dieses Erzes schon in Zeiten der Griechen und Römer stattgefunden hat, so finden sich doch nirgends Andeutungen, dass die Wieslocher Lagerstätten zu diesem Zweck seien früher ausgebeutet worden als im 15. Jahrhundert, womit freilich nicht bewiesen ist, dass dies nicht dennoch schon früher geschehen ist. Die obigen Ausführungen zeigen indessen, dass man im 11. Jahrhundert bei Wiesloch den Galmei noch zur Seite warf, also entweder dort den Werth desselben noch nicht kannte oder, was

wahrscheinlicher, das unscheinbare Gestein, in welchem sich die Bleiglanznester befanden, noch nicht als Galmei erkannt hatte.

Dagegen sind Urkunden vorhanden, welche die Gewinnung des Wieslocher Galmeis in der 2. Hälfte des 15. Jahrhunderts nachweisen, und da die metallurgische Darstellung von metallischem Zink zu jener Zeit noch nicht gebräuchlich war, so konnte der damals gewonnene Galmei nur zur Messing- und Bronzeerzeugung gedient haben, wie es (nach Gurlt, Bb. u. Hk. p. 23) noch im 16. Jahrhundert mit dem schlesischen Galmei geschah.

Nach Mone's Zeitschr. f. d. G. d. Oberrheins. I. 1850. p. 44, finden sich in dem Pfälzer Copialbuch des Karlsruher Archivs Nr. 14, Bl. 249—267, Bemerkungen, welche darthun, dass im Jahr 1468 Jacob Bargsteyner, Bürger zu Amberg, ein ausgedehntes Privilegium zum Bergwerksbetrieb in den pfälzischen Landen erhielt, im Jahr 1472 zum Obermeister, Bergvogt und Bergwerksbereiter ernannt wurde, und am 28. Januar 1474 im Namen des Pfalzgrafen Friedrich ein schriftliches Uebereinkommen wegen der Galmeigewinnung mit „Conrat Mürer zu Wissenloch" abschloss. Der Wortlaut dieses Uebereinkommens ist an genannter Stelle der Zeitschrift, sowie auch in der Herth'schen Arbeit über Wiesloch, p. 9, mitgetheilt und besagt, Mürer solle dem Pfalzgrafen „zweihundert thonnen gutter und lutter galmey gewinnen uss dem berg zu Nussloch" gegen einen Lohn von 1 Gulden auf je vier „thonnen". Die „thonnen" werden als Pulver- oder Rheinfischfässer erklärt. Ferner erhielt Mürer zwei Gulden Entschädigung für Licht und für andere Nebenausgaben, und die Erlaubniss, alles zum Bergbau nothwendige Holz vom Berge zu nehmen. Auch wird angedeutet, dass man beabsichtige einen Schacht auf den Galmei abzuteufen, „dadurch den galmey mit mynder cost uss dem berg zu gewinnen wer".

Es lag demnach auch der damals gewonnene Galmei nicht an der Oberfläche. Dennoch war bis dahin nur Tagebau darauf getrieben worden. Auch geht aus Obigem hervor, dass hier, wie zu jener Zeit allgemein, der Galmei in Fässer verpackt in den Handel kam. Der Ausdruck „uss dem berg zu Nussloch" zeigt, dass der damalige Gal-

meibergbau jener Gegend bei Nussloch, also im nördlichen Theil der Hessel, stattgefunden hat, woraus man mit Wahrscheinlichkeit schliessen kann, dass die reichen Lagerstätten in der südlichen Hessel, in welchen der frühere Silberbergbau war betrieben worden, nicht bekannt waren, was wieder beweisen würde, dass dieser Silberbergbau schon längere Zeit vorher musste völlig eingestellt gewesen sein.

Durch eine spätere Urkunde vom 5. April 1476, welche ebenfalls in Mone's Zeitschr. I. p. 45 wörtlich aufgeführt ist, verlieh der Pfalzgraf an Hans Cluge, Bergmeister aus Freiberg, und an Vit, Schmelzer aus Goslar, gemeinschaftlich das Recht zum Bergbaubetriebe bei Nussloch mit Erbstollengerechtigkeit und unter Befreiung von allen Abgaben mit einziger Ausnahme des Zehnten von dem gegrabenen Erze.

Auch in dieser Urkunde ist, soweit sie die Umgegend von Wiesloch betrifft, nur von Nussloch die Rede. Die nähere Bezeichnung des Erzes scheint absichtlich vermieden, wahrscheinlich weil die beiden Unternehmer nicht allein den Galmei, sondern auch etwa aufzufindende andere Erze sich zu Nutzen zu machen beabsichtigten.

Ob die beiden Genannten von dem ihnen verliehenen Rechte Gebrauch gemacht haben und mit welchem Erfolge, darüber liegen keine Nachrichten vor. Ebensowenig ist über die bergmännische Thätigkeit im ganzen 16. Jahrhundert etwas bekannt. Wohl aber finden sich auf das 17. und 18. Jahrhundert bezügliche Notizen, Briefe und Urkunden, auf deren Vorhandensein Oberbergrath Caroli in Karlsruhe mich aufmerksam zu machen die Güte hatte, unter den alten Akten des Karlsruher General-Landes-Archivs. Aus dieser Quelle habe ich über das Wieslocher Bergwesen dieser beiden Jahrhunderte folgende Nachrichten geschöpft.

Im Jahr 1605 belehnte Pfalzgraf Friedrich den Dr. Jur. Johann Schöner mit dem Abbau von Eisenschlacken, Eisenstein und anderen Mineralien auf Wieslocher, Nusslocher und Baierthaler Gemarkung. Die Erwähnung von Eisenschlacken beweist, dass die sehr eisenreichen Schlacken vom Rennbetriebe damals schon vorhanden waren und dass man dieselben, gleich den Eisenerzen, auf Roheisen zu verschmelzen beabsichtigte.

Die Eisenerzeugung wurde indess, wie es scheint, erst etwa 50 Jahre später ernstlich in Angriff genommen. Vom Jahr 1653 nämlich sind Aufzeichnungen vorhanden, in welchen „Bergknappen“, „Bergwerke“, „Eisenbergwerke“ erwähnt werden. 1654 wurde die Abführung von Wieslocher Eisenerz nach Mossbach (auch „Mosbach“) genehmigt, zum Zweck eines Probeschmelzens auf der dortigen „Schmelzhütte“; 1661 die Einrichtung einer Schmelzhütte bei Wiesloch nach dem Muster derjenigen zu Mosbach. Schriftstücke von 1662 beziehen sich auf das Wieslocher Erzschmelzen und den Eisenverkauf. Die Eisendarstellung scheint aber bald wieder ein Ende genommen zu haben. Wenigstens ist in den späteren Urkunden nicht mehr davon die Rede.

Dagegen trat mit Ende des 17. Jahrhunderts die Blei- und Silbergewinnung und bald darauf auch die Galmeigewinnung wieder in den Vordergrund. Es wird angeführt, dass vom 15. Juli 1699 bis 15. Juli 1702 im Nusslocher Bergwerk 24,000 Centner Erz gewonnen worden, und an einer anderen Stelle, dass 9000 Centner nach dem Pochen und Waschen 4500 Centner schmelzwürdiges Erz ergeben und daraus 1125 Centner Blei erfolgen, was, den Centner zum Werth von 5 f. berechnet, die Summe von 5625 f. ausmache; dass ferner 1 Centner Blei 3 Loth Silber hält, das Loth zu 1 f. Das „f“ bedeutet ohne Zweifel „florin“, d. i. Gulden. Der angegebene Gehalt an Ag entspricht etwa 0·094%, während der Gehalt desjenigen Bleis, welches in neuerer Zeit aus dem im Galmei gefundenen Bleiglanze zu erhalten ist, sich nur auf 0·03 bis 0·04% Ag berechnet. Somit ist die Vermuthung, dass der früher in oberen Teufen gewonnene Glanz silberreicher war, bestätigt.

1707 wird von Holzabgaben an die „Herrschaftliche Schmeltz zu Wiesenloch“ geschrieben, ohne jedoch anzugeben, ob diese Schmelze eine Eisen- oder Bleischmelze war.

1716 erhält J. H. Stirezzi, welcher zuerst als ehemaliger „Berghauptmann“ (vermuthlich Nassauischer), später als „Bergmeister“ bezeichnet wird, eine Concession zur Gewinnung von Erzen, worunter in erster Linie Galmei genannt ist. In der Belehnungsacte ist auch von

zum Galmeibergwerk gehörigen „Schmelzhäusern" die Rede. Aus späteren Urkunden geht jedoch hervor, dass Stirezzi seinen Galmei in geröstetem Zustand an ein Schmelzwerk des Grafen von Nassau-Weilburg Exc. abführen liess. Die „Schmelzhäuser" werden daher wohl nur zum Rösten des Galmeis und vielleicht zum Schmelzen der Bleierze gedient haben. Von Nov. 1716 bis Febr. 1717 förderte der Genannte 496 Centner Galmei. Bald darauf scheint er in Geldverlegenheiten gekommen zu sein, wurde wegen Zehntendefraudation mit Arrest bedroht, und führte endlich einen hartnäckigen Streit mit einem ebenfalls Bergbau treibenden Baron von der Lippe. Etwa um's Jahr 1740 muss er gestorben sein; denn 1741 verkaufte seine Wittwe Marie Antonetha Styretzin das Bergwerk an Münzmeister Melchior Wunsch und Handelsmann Joh. Caspar Sorgenfrey. 1746 hatte die Familie des letzteren einen Process mit dem Obersteiger und Schichtmeister des Nusslocher und Wieslocher Galmeibergwerks, Merkel.

Während bei allen obenerwähnten Vorgängen seit Anfang des 18. Jahrhunderts es sich vorzugsweise um Galmei handelte und als Ort stets Nussloch an erster Stelle genannt wurde, kam nun 1751 ein Frankfurter Kaufmann, Isaac de Bassompiere, darum ein, das Wieslocher „Bley- und Eyssen"-Bergwerk wieder in Gang zu setzen. In der Belehnungsurkunde heisst es aber „Blei- und andere Erze auf Wieslocher Gemarkung", woraus hervorgeht, dass es hiebei hauptsächlich auf das Blei abgesehen war. Die Dauer dieses Bergbaus war aber eine kurze. Schon 1752 erfolgte eine Anfrage der kurfürstlichen Hofkammer an das Oberamt Heidelberg, ohne Zweifel zum Zweck der Einziehung des Zehnten, ob Bassompiere noch arbeite. Der Name kommt in den späteren Acten nicht mehr vor. Dagegen fand ich einen Probirschein von einem Probirer „Reyhl" von 1768, worin gesagt wird, ein Centner Erz halte 56 Pfund Blei und 1 Loth fein Silber. Da letzteres einem Gehalt von 0·03% Ag im Bleiglanz oder 0·05% in dem daraus erhaltenen Blei entspricht, so erkennt man hieraus eine bedeutende Abnahme des Ag-Gehalts gegenüber den obigen Angaben vom Jahr 1702. Dies mag mit eine Ursache von Bassompiere's Misserfolg gewesen sein.

Den Nusslocher Galmeibergbau nahm mit Anfang des Jahres 1770 ein „Printz Johann zu Pfaltz-Birckenfeld“, auch „Printz Joann von Bürkenfeld, Hochfürstl. Durchlaucht“ genannt, in die Hand, gerieth aber schon beim Schürfen mit den Sorgenfrey'schen Erben in Streit wegen eines Schachts auf dem „Schneckenberg“, Gemeinde Nussloch. Der Bericht der Bergcommission über diese Angelegenheit lautet zu Gunsten des Prinzen und befürwortet dessen Belehnung, gegen welche die Sorgenfrey'schen Erben wahrscheinlich Einsprache erhoben hatten. Die Commission sagt u. A., dass der Prinz „schon ansehnliche Ertze gefördert, nicht minder den Bergbau stark betrieben, auch ein Poch- und Waschwerk anlegen und die auf der Halde liegenden alten Galmei und Blei Ertze pochen und waschen zu lassen sich geäussert haben“. Die Belehnung erfolgte am 28. März 1770 durch Pfalzgraf Karl Theodor zu Mannheim. Im November desselben Jahres wird mit dem Prinzen ein Vertrag wegen Holzbezugs abgeschlossen. 1772 erhält derselbe das „Privilegium eine Gold und Silber Scheiderey zu Nussloch aufzurichten“. 1776 beklagt sich die Gemeinde Nussloch über die Schäden, welche durch die Berg-, Schmelz- und Hammerwerke angerichtet werden, was jedenfalls auf einen nicht unbedeutenden Betrieb hindeutet. Der „Prinz Johann“ lebt auch in der mündlichen Ueberlieferung der Nusslocher Bergleute heute noch fort, obgleich keiner mehr weiss, wer dieser Prinz gewesen und zu welcher Zeit sein Bergbau stattfand. In dem Magazin der Cigarrenfabrik der Firma „Löwe und Eschelmann“ zu Nussloch wird eine grosse Sandsteintafel aufbewahrt, auf welcher ein Bergmann, ein Hüttenwerk und ein felsiger Berg in erhabener Arbeit ausgehauen und sorgfältig bemalt sind, mit der Jahreszahl 1776 und einer in erhabenen römischen Lettern ausgeführten Inschrift: „Johannis Freude“. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass diese ziemlich kunstvoll hergestellte und trefflich erhaltene Tafel von dem früheren Bergbau des Prinzen herrührt und ursprünglich am Eingang eines Stollens oder eines Schachtgebäudes einer „Johannis Freude“ benannten und 1776 eröffneten Zeche muss angebracht gewesen sein. Sie liefert sonach den Beweis, dass in jenem Jahre der Grubenbetrieb des Prinzen Johann noch in voller

Blüthe stand. Trotzdem muss dieser Betrieb, möglicherweise in Folge der obenerwähnten Streitigkeiten mit der Gemeinde, kurz nach dieser Zeit eingestellt worden sein. Denn nur um 10 Jahre später veröffentlichte Widder seine Beschreibung der Pfalz (1786) und spricht darin mit keiner Silbe von einem stattfindenden Galmeibergbau, weder bei der ausführlichen Besprechung der Stadt Wiesloch, noch bei derjenigen des Marktfleckens Nussloch. Er führt zwar ein noch vorhandenes „Pochwerk" an, welches im Jahre 1771 in einer Entfernung von $^1/_4$ Stunde von Nussloch sei angelegt worden. Da er aber nicht angibt, wozu dasselbe dient, lässt sich annehmen, dass es zu jener Zeit überhaupt nicht mehr im Betrieb war. Offenbar lag der Bergbau der ganzen Umgegend von Wiesloch gegen Ende des 18. Jahrhunderts völlig darnieder.

Aus allem bisher Angeführten lässt sich mit ziemlicher Sicherheit entnehmen, dass, seit der früher erfolgten Einstellung des ausgedehnten und tiefgehenden Bergbaus auf Bleiglanz im 11. Jahrhundert, auf der Höhe der südlichen Hessel bei Wiesloch hauptsächlich nur auf Eisenstein und den in geringer Tiefe demselben beibrechenden Bleiglanz und nur gelegentlich und in untergeordnetem Maasse auch auf Galmei gebaut wurde; dass die Galmeigewinnung vorzugsweise in der nördlichen Hessel auf Nusslocher Gemarkung stattfand, und zwar bis gegen Ende des 15. Jahrhunderts nur durch Tagebau, später, insbesondere im 17. und 18. Jahrhundert, auch durch Tiefbau. Die Wiederauffindung der reichen Galmeiablagerungen in der südlichen Hessel blieb dem jetzigen Jahrhundert vorbehalten.

3. Periode. Die neuere Zinkerzgewinnung.

Nach einem über 30 Jahre dauernden völligen Stillstand des Wieslocher Bergbaus wurden Anfangs der 20er Jahre dieses Jahrhunderts von Neuem Schürfversuche in der Gegend angestellt (Leonh. Beitr. III. p. 122). Dieselben hatten aber so wenig Erfolg, dass schon 1827 Bronn in Mone's Bad. Archiv II. p. 84 sagen konnte, dass „ehemals" auf Zink gebaut wurde, „jetzt aber die Werke verschüttet" seien. Dagegen regte sich gerade zu dieser Zeit wieder das Interesse

an den Eisenerzen der Gegend. Aus alten Acten der grossherzoglichen Direktion der Forste, Berg- und Hüttenwerke ist ersichtlich, dass zwischen 1824 und 1840 eine Reihe von Schurfscheinen auf dortigen Eisenstein von A. H. Thorbecke & Co. (Mannheim), Benckiser (Pforzheim), Meixner, v. Gemmingen und Andern gelöst und dass auf den Höhen östlich von Nussloch bis gegen Schatthausen hin sowohl Thoneisenstein, als auch 1 bis 3 m. mächtige Bohnerzlager wirklich abgebaut worden sind. Der Galmei schien in zeitweilige Vergessenheit gerathen zu sein.

Erst im Jahr 1845 entdeckte man beim gewöhnlichen Steinbruchbetrieb auf Kalkstein in der Hessel zufällig eine bis 3 Fuss mächtige Galmeiablagerung (Leonh. Beitr. III. p. 122). Dieser Fund war ohne Zweifel die Veranlassung, dass 1846 Kaufmann Adolf Reinach in Frankfurt im Verein mit Bergverwalter Zentner in Heidelberg, welcher letztere früher Schwerspathbergbau bei Schriesheim betrieben und dann in Nassau und am Niederrhein Gruben verwaltet hatte, ausgedehntere Versuchsarbeiten in der nördlichen Hessel aufnahm. Reinach gab das Geld und Zentner leitete den Betrieb. Zu Ende 1847 liessen auch die Gebrüder Reinhardt, Privatleute in Mannheim, den südlichen Theil der Hessel bergmännisch untersuchen. Alle diese Arbeiten hatten zuerst nur geringen Erfolg, wurden in den Revolutionsjahren 1848 und 1849 eine Zeit lang ganz unterbrochen, nachher aber wieder fortgesetzt, und zwar von den Gebr. Reinhardt mit genügend günstigen Aussichten, dass sie 1850 den Bergingenieur Gsund als Betriebsführer anstellten und in Gmelin's Laboratorium zu Heidelberg durch G. Herth den hohen Zinkgehalt der aufgefundenen Erze chemisch bestimmen liessen.

Am 22. Februar 1851 fand durch dieselben die glückliche Entdeckung der obenerwähnten alten Strecken und Gänge statt, welche durch eine mächtige und reiche Galmeiablagerung hindurchgetrieben waren und in welchen sogar ein grosser Vorrath schon gewonnenen Galmeis als Versatz angehäuft war. Mit dieser Entdeckung der Gebr. Reinhardt nahm der Wieslocher Bergbau einen plötzlichen Aufschwung.

Sie veranlasste zunächst den Kaufmann Reinach, welcher bis

dahin in der nördlichen Hessel hatte arbeiten lassen, sein Operationsfeld nach Süden zu verschieben und den an die Reinhardt'schen Baue nördlich angrenzenden Bezirk zu muthen und zu untersuchen, wobei sich eine bedeutende Ausdehnung der reichen Lagerstätte nach Norden herausstellte. Ende Dezember 1852 verkaufte Reinach seinen Theil an die „Actiengesellschaft für Bergbau und Zinkhüttenbetrieb Vieille Montagne (Altenberg)", welche zahlreiche Gruben und Hütten in Preussen, Belgien, Frankreich, Schweden, Algerien und Sardinien betreibt, unter einer General-Direktion zu Angleur, Station Chênée, in Belgien steht und in Deutschland gewöhnlich kurzweg als „Altenberger Gesellschaft" bezeichnet wird. An diese ging sonach mit Beginn des Jahres 1853 der Bergbau in der nördlichen Hessel über.

Das Hesselfeld war nunmehr in getheiltem Besitz und ist es bis heute geblieben. Die Grenze zwischen den beiden getrennten Concessionen habe ich, um Unklarheiten in der Karte zu vermeiden, nicht in dieselbe eingetragen. Sie beginnt in der Ausbiegung, welche die Heidelberger Strasse etwa 1 km. nördlich von Wiesloch nach Westen hin macht, zieht sich zunächst an der Südseite und nachher, sich nördlich wendend, an der Ostseite der Lagerstätte III hin, so dass letztere, mit Ausnahme ihres südlichen Ausläufers, ganz in die nördliche Concession fällt. Sie folgt sodann annähernd der Westgrenze des Südschenkels der dort gespaltenen Lagerstätte II bis über den Schacht „Nr. 1" hinaus, wendet sich sodann nach Osten, den Hauptkörper der Lagerstätte II durchschneidend, bis in die Gegend des Signals auf der Höhe der Hessel und von da wieder in nordöstlicher Richtung in den fast erzleeren Wellenkalk hinein. Sonach gehört die Lagerstätte I, die grössere nordwestliche Hälfte von II und fast das Ganze von III zur nördlichen Concession (Altenberger Gesellschaft); die kleinere, aber früher sehr reiche, südöstliche Hälfte von II, der südliche Fortsatz von III und die ganze südliche Hessel mit ihren kleineren, zerstreuten Erzfunden zur südlichen Concession (zunächst Gebr. Reinhardt). Der letzteren Concession wurden durch weitere Belehnungen noch der ganze Südabhang des Kobelsbergs angeschlossen mit den Lagerstätten IV und V, wogegen die Altenberger Gesellschaft sich mit der Hoch-

fläche des Kobelsbergs belehnen liess, welche sich aber nicht ergiebig zeigte.

Es erscheint zweckmässig, die weitere Entwicklung des Grubenbetriebs in den beiden Concessionen getrennt zu verfolgen.

Die nördliche Concession blieb stets in den Händen der Altenberger Gesellschaft, welche mit der unmittelbaren Leitung des Wieslocher Betriebs zuerst den Berginspektor Daub betraute. Es wurde 1853 der Maxstollen angelegt, welcher bis 1864 in Benützung blieb und, neben einer Anzahl von Schächten, dazu diente den Antheil der Gesellschaft an der Lagerstätte II auszubeuten, während gleichzeitig auch III abgebaut wurde. Die Arbeiterzahl betrug damals zwischen 300 und 400 Mann und die Gesammtförderung aus den beiden genannten Lagerstätten 68 Millionen kgr. Galmei. Damit waren aber die Hauptheile dieser Lagerstätten erschöpft und das Erzeugniss nahm ab.

Seit 1870 führte Inspektor O. Hoffinger unter der Oberaufsicht des Grubendirektors zu Immekeppel bei Bensberg (Rheinpreussen), jetzt C. Pörting, die Leitung des Betriebs. Die Belegung wurde auf 30—40 Mann eingeschränkt. 1873 wurde der nördliche Theil des Concessionsfeldes näher untersucht, der Nusslocher Stollen angesetzt und der Abbau der Lagerstätte I begonnen, welcher noch jetzt fortdauert. 1877 erfolgte die Anlage des Postwegstollens. Die Gesammtförderung aus diesen beiden Stollen von 1873 bis 1880 betrug gegen 10 Millionen kgr. Galmei mit einem Zinkgehalt von 50—70 % im gebrannten Erze. In diesem Jahre geschah eine weitere Verminderung der Belegschaft auf 22 Mann und das Erzeugniss beträgt gegenwärtig etwa 100,000 kgr. monatlich. Von dem ganzen Erzeugniss sind etwa 20—30 % Stückgalmei, das übrige ist feinerer Waschgalmei, welcher aus den thonigen Fördermassen, dem sogenannten „Waschlager", durch Aufbereitungsprozesse erhalten wird. Die Aufbereitung geschieht mittelst Trommeln, Setzmaschinen und Gräben in der westlich vom Altenberger Zechenhaus (s. d. Karte) in der Rheinebene gelegenen Erzwäsche.

Die gereinigten Erze werden zunächst gebrannt. Zu diesem Zweck besitzt die Gesellschaft beim Zechenhaus erbaute Röstöfen, und zwar

für den Stückgalmei einen Schachtofen, welcher 7—10,000 kgr. in 24 Stunden mit 12—1500 kgr. Steinkohlenverbrauch durchsetzt, und für den Waschgalmei zwei Doppelflammöfen, deren jeder in 24 Stunden etwa 5000 kgr. mittelst 15—1800 kgr. Steinkohlen zu brennen im Stande ist. Die Verarbeitung der gebrannten Erze auf Zinkmetall erfolgt an den niederrheinischen Hüttenwerken der Gesellschaft, theils zu Flône in Belgien durch Lütticher Oefen, theils zu Berge-Borbeck in Rheinpreussen durch Schlesische Oefen.

Das südliche Concessionsfeld wurde von den Brüdern Anton Christian Ludwig und Philipp Jakob Reinhardt von Mannheim, nachdem dieselben zu Anfang 1851 die Entdeckung der reichen Lagerstätte II gemacht hatten, mit Eifer in Betrieb genommen unter der Direktion von A. C. L. Reinhardt. Die Spezialleitung führte, nachdem Gsund entlassen war, zuerst Bergingenieur Ruprecht, später Schneider und Hoffinger. Als Obersteiger fungirte der gr. bad. Berg- und Hüttenpraktikant C. Holzmann, dem im Juli 1852 August Häuser folgte. Man brachte zunächst eine Anzahl von communizirenden Schächten auf die reiche Lagerstätte II nieder und baute dieselbe ab; man trieb 1853 in den Westabhang des Kobelsbergs einen Versuchsstollen, welcher schliesslich zur Auffindung der Lagerstätte IV führte; man errichtete eine Setzwäsche am westlichen Ende der Wieslocher Vorstadt. Die Gebrüder Reinhardt beschäftigten im Jahr 1853 etwa 140 Arbeiter und erzielten ein monatliches Erzeugniss von über 400,000 kgr. Galmei. Sie erbauten auf dem sogenannten Jungbusch in Mannheim eine Zinkhütte, in welcher von März 1853 bis Juni 1855 über eine Million kgr. Galmei und Zinkblüthe, meist Stückerz, zur Verhüttung kam.

Schon mit Beginn des Jahres 1854 vereinigten sich mit den Gebr. Reinhardt einige bedeutende Kapitalisten in der Absicht, eine grössere Actiengesellschaft zu gründen zum Zweck der erfolgreichen Fortführung des Reinhardt'schen Betriebes. Die thatsächliche Constituirung einer solchen erfolgte aber erst im Dezember 1855 unter dem Namen „Badische Zinkgesellschaft“ mit dem Sitz in Mannheim. Zu den hervorragenderen Theilnehmern gehörten ausser

den Gebr. Reinhardt unter Andern: J. R. Bischoffsheim in Brüssel, F. P. Buhl und L. A. Jordan in Deidesheim, B. H. Goldschmidt in Frankfurt, Friedrich Reiss in Mannheim. Carl Clauss wurde als technischer Direktor, W. Rimpler als Inspektor, August Häuser als Obersteiger angestellt.

Der Betrieb erfolgte nicht nur in der Hessel, sondern auch im Kobelsberg, wo 1856 der Friedrichstollen, 1858 der Carlstollen angelegt wurden, um die Lagerstätte IV auszurichten und abzubauen. Letzteren Stollen liess man 1860 wieder eingehen.

Die Wieslocher Wäsche wurde 1857 verbessert und vergrössert, und um das gewaschene Material an Ort und Stelle brennen zu können, baute man 1864 vier Flammöfen ein, welche in 24 Stunden 10- bis 12,000 kgr. Röstprodukte lieferten. Am Mundloch des Friedrichstollens errichtete man 1857 einen Schachtofen zum Brennen des Stückgalmeis mit einer täglichen Erzeugungsfähigkeit von 15—17,000 kgr. gebranntem Galmei. Die Mannheimer Zinkhütte dagegen wurde, als nicht rentirend, eingestellt und 1857 veräussert. Den gebrannten Galmei liess die Gesellschaft zum Theil auf ihrer Hütte zu Steinfurt verarbeiten, zum Theil an verschiedene niederrheinische Werke verkaufen.

1856 bis 59 waren die Ergebnisse des Grubenbetriebs überaus günstige. Mit einer Belegschaft von mehr als 200 Mann erzielte man 1856: über 3 Millionen kgr., 1857: 4,700,000 kgr., 1858: 8,720,000 kgr. völlig gereinigten und verhüttbaren Galmei. Davon waren 55 bis 60 % durch Aufbereitung von thonigem feinem Galmei, sogenanntem Waschlager, erhalten worden. 100 kgr. Waschlager ergaben beim Verwaschen etwa 20 kgr. reinen Galmei.

Mit der allmählichen Erschöpfung des Hesselfeldes wurde der Hauptbetrieb mehr und mehr in den Kobelsberg verlegt und die Lagerstätte IV abgebaut, aus welcher schon 1858 der weitaus grössere Theil der gewonnenen Erze stammte. Dennoch ging in den Jahren 1860 bis 63, bei dem Mangel neuer ergiebiger Aufschlüsse, die Erzeugung von Jahr zu Jahr zurück, so dass sich der Verwaltungsrath der Gesellschaft zu Anfang 1864 entschloss, die Gruben einstweilen zu verpachten. Die Badische Zinkgesellschaft kam später nicht mehr dazu,

ihren Betrieb wieder in eigene Hand zu nehmen. Nach 13jähriger Verpachtung der Gruben liess sie Ende 1877 ihren Besitz versteigern, vertheilte den Erlös an die Actionäre und löste sich auf.

Die Pächterin und spätere Käuferin der Gruben der Bad. Zinkgesellschaft war die früher sogenannte „Eschweiler Gesellschaft“, jetzt „Rheinisch-nassauische Bergwerks- und Hütten-Actien-Gesellschaft“, welche ihren Sitz zu Stolberg bei Aachen hat, bedeutende Grubenbezirke und Hüttenwerke am Niederrhein besitzt und gegenwärtig unter der Generaldirektion von Alph. Fétis steht. Diese Gesellschaft übernahm den Betrieb der südlichen Wieslocher Concession durch Pachtvertrag am 1. April 1864. Der Grubendirektor Wilhelm Fischer zu Bensberg (Rheinpreussen) wurde unter Beibehaltung seiner Thätigkeit zu Bensberg auch mit der Direktion der Abtheilung Wiesloch beauftragt. Die Leitung des eigentlichen Grubenbetriebs verblieb, wie bei den früheren Gesellschaften, dem erfahrenen und durch lange erspriessliche Dienstleistungen bewährten Obersteiger A. Häuser.

Die bergmännischen Arbeiten wurden im Wesentlichen auf den Kobelsberg beschränkt. Die Lagerstätte IV wurde vollständig abgebaut, ebenso der Galmei führende nördliche Theil von V. Die Förderung geschah durch den Friedrichstollen. Als man bei weiterer Ausfahrung in südöstlicher Richtung in's Wasser kam, wurde 1868 und 1869 der gegen 70 m. tiefe „Felix-Elvin-“ oder Maschinenschacht (*M* auf der Karte) niedergebracht und mittelst 300 m. langem Querschlag mit dem Stollen verbunden. In den Schacht wurde eine Wasserhaltung mit Dampfbetrieb eingestellt, welche im Sommer 3—4, zur Winterzeit 6—8 bad. Cubikfuss Wasser pro Minute zu heben hatte, um die Grube wasserfrei zu erhalten. So konnte 1870 auch der Blendestock angefahren und zum Theil ausgebeutet werden. Die Gesellschaft beschäftigte 50—60 Mann, womit ein durchschnittliches Erzeugniss von 250- bis 300,000 kgr. verhüttbares Erz monatlich erzielt wurde. Davon waren 20 bis 30 % Stückgalmei und Stückblende. Das Uebrige wurde durch Aufbereitung auf der in der Wieslocher Vorstadt gelegenen Wäsche aus dem unreinen Grubenklein (Waschlager) gewonnen.

Die Aufbereitung des Galmeiwaschlagers bestand in einfachen

Läuterarbeiten mittelst Trommeln und liegenden Herden mit Wasserbrausen, um den beigemengten Thon zu entfernen. Mit Kalkstein vermengter Galmei wurde durch Walzen zerkleinert und durch Setzarbeit vom Kalkstein getrennt, wozu continuirlich wirkende Harzer Setzkästen dienten.

Das Blendewaschlager wurde in Läuter- und Separationstrommeln gereinigt und nach verschiedenen Korngrössen von 2 bis zu 30 mm. gesondert, sodann gesetzt. Alles Gröbere musste, bevor es diesem selben Verfahren unterworfen werden konnte, durch Steinbrecher und Walzenwerk zerkleint werden. Die von der Wäsche abgehenden Schlämme wurden in Teichen aufgefangen, ausgeschlagen, in getrocknetem Zustand mit etwas Sand vermengt und so zur Herstellung von Ziegelsteinen verwendet.

Das Gesammterzeugniss an Erzen betrug 1864—1876: 24 Millionen kgr. Galmei und 8 Millionen kgr. Blende, daneben etwas weniges (etwa 1 %) Bleiglanz mit 68—70 % Pb und 20—30 gr. Ag in 100 kgr. Glanz.

Das Brennen des Galmeis geschah bei Wiesloch. Die Blende aber wurde roh auf die Zinkhütte der Gesellschaft zu Stolberg verbracht, erst dort geröstet und, gleich dem zu Wiesloch gebrannten Galmei, auf Zink verarbeitet.

In Folge des starken Sinkens der Zinkpreise stellte die Rheinisch-nassauische Gesellschaft im März 1877 ihren Wieslocher Betrieb einstweilen vollständig ein, obgleich die Blendelagerstätte noch in ihrer vollen Mächtigkeit vorhanden und ein ansehnlicher Theil des Concessionsfeldes noch fast unberührt war. Dass die Gesellschaft nicht beabsichtigt, den Wieslocher Betrieb auf immer aufzugeben, hat dieselbe dadurch bewiesen, dass sie zu Ende desselben Jahres, bei Gelegenheit der Auflösung der Bad. Zinkgesellschaft, den bis dahin nur gepachteten Grubenbesitz durch Ersteigerung an sich brachte, dass sie die Offenhaltung des Friedrichstollens angeordnet hat und, als im Jahre 1879 die Zinkpreise sich wieder zu heben schienen, den im Früheren mehrfach erwähnten Versuchsschacht Nr. 53 bei Alt-Wiesloch abteufen liess.

Was die Zukunft des Wieslocher Bergbaus anbetrifft, so lässt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit sagen, dass im Hesselfeld zwar der jetzige schwache Betrieb noch Jahre lang wird fortgesetzt werden können, dass aber dieses einstens so reiche Feld in der Hauptsache als erschöpft zu betrachten ist. Dagegen liegt im Baierthaler Feld nicht nur der Blendestock in ungeschwächter Mächtigkeit und mit bis jetzt noch ungekannter Ausdehnung vor, sondern es bieten auch insbesondere die südöstlichen Ausläufer und Vorhügel des Kobelsbergs, in der Nähe des Dorfes Baierthal, wie mir scheint, ein hoffnungsvolles Feld zu weiteren Unternehmungen.

Ich habe in den vorstehenden Darstellungen mehrfach darauf hingewiesen, dass in der Umgegend von Wiesloch das Vorhandensein der reicheren Lagerstätten meist schon an der Erdoberfläche durch Bodenanschwellungen angedeutet erscheint. Die Verhältnisse am Kobelsberge zeigen, dass selbst die Lössbedeckung diesen Zusammenhang zwischen Teufe und Oberfläche nicht ganz hindert oder verwischt. Ausserdem geht aus obigen Beschreibungen hervor, dass die bauwürdigen Lagerstätten bis jetzt nur in, im Allgemeinen, südlich abfallenden Vorhügeln angetroffen wurden und in geognostischer Beziehung in der Nähe des Ausgehenden des Trochitenkalks. Da nun dieses Ausgehende, wie einzelne kleine Aufschlüsse im oberen Angelbachthal beweisen, sich quer über die südöstlichen Ausläufer des Kobelsbergs unfern Baierthal hinüberzieht in der Richtung auf Schatthausen, so treffen in diesen Vorhügeln alle Umstände zusammen, welche für das Vorhandensein nicht etwa nur von Blende, sondern, wegen der Höhe der Lage, von dem als Erz geschätzteren Galmei, berechtigte Hoffnungen erwecken müssen.

Geschäftliches.

In den Sitzungen vom 7. November 1879 und vom 5. November 1880 wurde Herr Geheimerath Kühne wieder zum Vorsitzenden, Herr Professor Alex. Pagenstecher wieder zum Schriftführer und Herr Buchhändler Köster wieder zum Rechner gewählt.

Die Redactionscommission wurde beide Male zusammengesetzt aus den Herren Professoren Jul. Arnold, Horstmann, Knauff, Pfitzer und Dr. Carl Mittermaier.

Als ordentliche Mitglieder wurden aufgenommen die Herren Dr. Greiff, Dr. Kreglinger, Dr. Thost, Dr. Zacher, Dr. Krukenberg.

Der Verein verlor durch den Tod Herrn Dr. Mezger, durch Wegzug die Herren Professor Erb, Dr. Hadlich, Dr. Heuck, Dr. Stüler, Dr. Cuntz, Dr. Kast, Dr. Kuhnt, Dr. Kreglinger.

Sendungen bittet man wie bisher an Professor A. Pagenstecher richten, für die Empfangsbestätigung und Weiteres das früher (p. 223) Gesagte gefällig beachten zu wollen.

Verzeichniss

der vom 10. August 1879 bis 1. Nov. 1880 eingegangenen Druckschriften.

Mittheilungen des Vereins der Aerzte in Steiermark, Graz. XV. XVI.

Rendiconti del Reale Istituto Lombardo di scienze e lettere, Milano. S. II. XI.

Jahresbericht des westfälischen Prov.-Vereins f. Wissensch. u. Kunst z. Münster. VIII.

Correspondenzblatt des Zoologisch-Mineralog. Vereins zu Regensburg. XXXIII.

Von der Soc. nationale des sciences naturelles de Cherbourg: Mémoires. XXI. Catalogue de la Bibliothèque.

XIX. Bericht der Oberhessischen Ges. f. Natur- u. Heilkunde zu Giessen.

Von der Naturforscher-Gesellschaft bei der Universität Dorpat: Sitzungsberichte V. 1. 2.

Archiv für Naturkunde Liv-, Esth.- u. Kurlands. I. S. VIII. 4. II. S. VIII. 3 u. 4 (Karte).

Bericht der Wetterauischen Gesellschaft für die gesammte Naturkunde zu Hanau. 1873—79.

Bulletin de la Société des sciences médicales du Grand Duché de Luxembourg. 1879.

Giornale della società di letture e conversazioni scientifichi a Genova. III. 7—12. IV. 1—4.

Jahresbericht der Gewerbeschule zu Bistritz. V. VI.

Bulletin de la soc. des scienc. histor. et nat. de l'Yonne. Auxerre. 32. 33.

Bulletin des travaux de la Soc. Murithienne du Valais à Sion. 1877—79.

Von der deutschen Seewarte zu Hamburg: Archiv I. 1878.

Monatl. Uebersicht der Witterung, 1878 Jan.—Nov. 1879 Jan.—März. 1880 Jan. Febr. Apr. Mai.

Journal de l'école polytechnique à Paris. 1845—80. Cah. 47. T. 28.

Jahresbericht der naturhist. Gesellschaft zu Hannover. 27—28.

Verslag van het natuurkundig Genootschap te Groningen. 78. 79.

Abhandlungen XI u. Correspondenzblatt 32 des Zool.-Mineral. Vereins z. Regensburg.

Verhandlungen der k. k. Zool.-bot. Gesellschaft in Wien. 28. 29.

Compte rendu de la société entomologique de Belgique à Bruxelles. S. II. 66—72. Annales XXII.

Verhandlungen des Naturhistor. Vereins d. preuss. Rheinlande u. Westphalens zu Bonn. 35. 1. 2. 36. 1.

Jahresbericht der Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Dresden 1878—79.

Von der K. B. Akad. d. Wissenschaften zu München:

Sitzungsberichte d. math.-phys. Classe 1879 2—4. 1880 1—4.

Buchner: Beziehungen der Chemie zur Rechtspflege.

Baeyer: Die chemische Synthese.

Zittel: Geologischer Bau der libyschen Wüste.

Gümbel: Geognostische Durchforschung Baierns.

Bulletino della società Adriatica di scienze naturali in Trieste. V.

Ad. Wasseige. Essai pratique et appréciation du forceps du Dr. Tarnier.

Trois nouvelles observations de laminage de la tête fœtale.

Fibromyome kystique de l'utérus; Grossesse; Hysterotomie.

Bulletin of the Museum of Compar. Zoology at Harvard College, N. Cambridge. V. 11—16. VI. 1—7. VII. 1. Report 1878/79.

Bericht der Philomathia zu Neisse. XX.

Bericht des botanischen Vereins zu Landshut. VII.

Acta horti Petropolitani. Petersburg. VI. 1—2.

Annuario del Circolo di scienze mediche e naturali di Sassari. I. 2.

Bulletin de l'Académie Imp. de St. Petersbourg. XXV. 4. 5. XXVI. 1. 2.

Von R. Accademia dei Lincei. Roma. Anno 276. Transunti III. 7. IV. 1—7. Memorie III. IV.

Journal of the Royal Microscopical Society. London. II. 4—7. III. 1—5.

Von der Société Impériale des naturalistes de Moscou:

Bulletin 1879. 1880. 1. Nouveaux mémoires. XIV.

Jahresbericht des physikal. Vereins zu Frankfurt a. M. 1877—78.

Jahresbericht des Vereins für Naturkunde zu Zwickau. 1878. 1879.

Jahresbericht über die Verwaltung des Medicinalwesens zu Frankfurt a. M. XXII. XXIII.

Bericht üb. d. Thätigk. d. St. Gallischen naturw. Gesellsch. 1877—78.

Proceedings of the Royal Society of London. 184—205.

M. Snellen, le télémétéorographe Dolland.

Publications de l'institut Royal Grand-Ducal de Luxembourg. XVII.

Mémoires de l'académie de Montpellier. Sciences IX. 2. 3. Médecine V. 2.

Mémoires de la Société des sciences phys. et nat. de Bordeaux. III. 2—3. IV. 1.

Transactions and proceedings of the R. soc. of Victoria at Melbourne. XV. XVI.

Jahresbericht des naturhistorischen Vereines „Lotos". Prag. 1878.

Nuovo giornale botanico Italiano diretto da T. Caruel, Pisa. XI. 4. XII. 1—3.

Chemiker-Zeitung, Cöthen. III. 44 u. 45. IV. 40.

Verhandlungen der physiolog. Gesellschaft zu Berlin. 1879—1880. 1—8; 10—12; 14—18. 1880—1881. 1.

Anzeiger d. Kais. Akad. d. Wissenschaften zu Wien. 1879. 10. 15—27. 1880. 1—4. 6—15. 17—22.

Leopoldina. Halle a. S. XV. 13—24. XVI. 1—18.

Festschrift zur Feier des 100jähr. Bestehens der Naturf.-Gesellschaft zu Halle a. S.

H. Wild, Repertorium für Meteorologie, Petersburg, VI. 2.

Proceedings of the American Academy of arts and sciences, Boston. N. S. VI.

Proceeding American Association for the advancement of science, St. Louis Meeting. XXVII. (F. W. Putnam, Permanent Secretary, Salem, Mass.)

Zeitschrift der deutschen Geolog. Gesellschaft zu Berlin. XXXI. 2—4. XXXII. 1—2.

Mittheilungen aus dem Naturw. Vereine v. Neuvorpommern und Rügen, Greifswald. XI.

Von der Schlesischen Gesellsch. f. vaterländ. Cultur zu Breslau: Jahresbericht 56. Generalsachregister v. 1804—1876. Statut.

Mittheilungen des Vereins f. Erdkunde zu Halle a. S. 1879.

Vierteljahrsschrift d. Naturf.-Gesellschaft zu Zürich. 23.

Bericht des Naturw.-Mediz. Vereins in Innsbruck. IX. X.

Von der Kön. Ungarischen Naturw. Gesellschaft in Budapest:

Herman, Ungarns Spinnenfauna III.

Hidegh, Chem. Analysen Ungarischer Fahlerze.

Szinnyei, Bibliotheca hungarica histor. natur. et matheseos.

Heller, Catalog d. Bibliothek d. Gesellschaft.

Von der Natural History Society zu Boston: Memoirs III. I. 1—3.

Proceedings XIX. 3 u. 4. XX. 1—3.

Occasional papers III, Crossby, Geology of eastern Massachusetts.

Von der Naturf.-Gesellschaft zu Emden: Jahresbericht 64.

Kleine Schriften XVIII, Prestel: Höchste u. niedrigste Temporatur.

Bullettino della Società entomologica Italiana a Firenze. XI. 3. 4. XII. 1. 2. Atti VI. 2.

Bullettino della Società Veneto-Trentina di scienze naturali, Padova. 1879. Dez. 1880. März, Juni.

Verhandlungen der K. K. Geologischen Reichsanstalt zu Wien. 1879. 1880. 1—11.

Bericht des Naturhistorischen Vereins in Augsburg. XXV.

Sitzungsberichte der Naturw. Gesellschaft Isis in Dresden. 1879.

Schriften des Naturw. Vereins für Schleswig-Holstein zu Kiel. II. 3.

Nachrichten v. d. K. Ges. d. Wiss. d. Georg-Aug.-Universität zu Göttingen. 1879.

Archivos de Museu nacional do Rio de Janeiro. II. III. 1. 2.

Annuario d. società dei Naturalisti in Modena XIII. 3. 4. XIV. 1—3.

Von d. Senckenbergischen Gesellsch. zu Frankfurt a. M.

Bericht 1878/79. Abhandlungen XI. 4.

Von d. Gesellsch. z. Beförder. d. gesammt. Naturw. zu Marburg: Sitzungsberichte 1878. 1879. Abhandlungen XI. 4—6, Supplemente 1—4.

Von d. Physik.-Mediz. Societ. zu Erlangen: Verhandl. 1865—1870. Sitzungsberichte 7 u. 11.

Verhandlungen d. Physik. Medizin. Gesellsch. in Würzburg. N. F. XV.

Annalen d. Physikal. Central-Observatoriums zu Petersburg. 1878. I. II.

Sitzungsberichte der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin. 1874—79.

Der Zoologische Garten, Frankfurt a. M. XX. 7—12. XXI. 1—6.

Schriften des Vereins für Geschichte und Naturgeschichte der Baar, Donauëschingen. III.

Vom Verein der Freunde d. Naturgeschichte in Mecklenburg zu Neubrandenburg:

Archiv 33. Inhaltsverzeichniss und Register.

XVIII. Bericht der Oberhessischen Ges. für Natur- und Heilkunde zu Giessen.

Verhandlungen des naturf. Vereins in Brünn. XVII.

Bollettino del R. Comitato geologico d'Italia. Roma. X.

Von Natural history Society of Wisconsin, Milwaukee: Jahresbericht 1879/80.

Ulrici: Ansiedlungen der Normannen in Irland, Grönland, N.-America.

Zeitschrift f. d. gesammten Naturwissenschaften, Halle. III. F. IV.

Schriften des Vereins z. Verbreitung naturwiss. Kenntnisse in Wien. 20.

United States Commission of Fish and Fisheries. Washington. Report for 1877.

Botanisches Centralblatt. Probenummer. 1880. 1.

Vom Naturw. Verein für Steiermark in Graz. Mittheilungen 1879.

L. v. Pebal: Das chemische Institut der K. K. Universität Graz.

Vom Verein für Geographie und Statistik in Frankfurt a. M.:

Statistische Mittheilungen 1879.

Annales de la Soc. d'Agriculture, hist. naturelle et arts utiles de Lyon. V. S. I. mit Atlas. II.

Von der Kön. Universität in Christiania:

Forhandlinger i Videnskabs-Selskabet i Christiania 1879.

Siebke, Enumeratio insectorum norwegicorum. 5 H.

Sars, Mysider. 3 H.

Norges officielle Statistik: Tabeller over de Spedalske. 1877, 1878.

Oversigt over Syndsygedsylernes Virksamhed. 1878.

Berekning om Sundhedstilstanden. 1876.

Schubeler: Væxtlivet i Norge.

Von der Royal Society zu Sydney:

Journal and proceedings. XII.

Annual report of the Dep. of mines. 1877.

XI. Annual Report of the U. S. Geolog. and Geogr. Survey. Washington.

Von der K. Ges. d. Wissenschaften zu Upsala: Nova acta, Ser. III, X, 1 u. 2.

Schriften der Physikal.-Oekonom. Gesellschaft zu Königsberg. XVIII. 2. XIX. XX. XXI. 1.

Verhandlungen der Schweizerischen naturf. Gesellschaft. 61, 62.

Mittheilungen der Naturf. Gesellschaft in Bern. 1878, 1879.

Jahreshefte des Vereins f. vaterl. Naturkunde in Würtemberg zu Stuttgart. 36.

H. Scheffler, die Naturgesetze Th. III.

Bericht über die Sitzungen der Naturf. Gesellschaft zu Halle. 1879.

Jahresbericht der Lese- und Redehalle der deutschen Studenten zu Prag. 1878—80.

Berichte d. Naturw. Vereins an d. K. K. techn. Hochschule in Wien. IV.

Notizblatt des Vereins für Erdkunde u. s. w. zu Darmstadt. III. F. 18.

Abhandlungen herausgegeb. v. naturw. Vereine zu Bremen. VI. 2 u. 3 u. Beilage 7.

IV. Jahresbericht des naturw. Vereins zu Osnabrück. 1876—80.

Berichte über die Verhandl. der K. Sächs. Gesellsch. der Wissenschaften zu Leipzig. Math.-phys. Cl. 1879.

Proceedings of the Natural History Society of Glasgow. IV. 1.

XXVI. u. XXVII. Bericht des Vereins für Naturkunde zu Cassel.

Mittheilungen aus dem Ver. der Naturfreunde in Reichenberg. 1879/80.

Von der Nationalbibliothek in Florenz:

Eccher. Sulla teoria fisica dell' elettrotono dei nervi.

„ Sulle forze elettromotici sviluppate dalle soluzioni saline.

Tommasi. Ricerche sulle formole di costituzione dei composti ferrici. 1. a.

Cavanna. Ancora sulla polimelia nei batraci anuri.

Cavanna. Sopra alcuni visceri del gallo cedrone.

Meucci. Il globo celeste arabico del Secolo XI.

V. Jahresbericht des Annaberg-Buchholzer Vereins für Naturkunde.

Sitzungsberichte der Kön. Böhm. Gesellschaft der Wissenschaften in Prag. 1879.

Berichte über die Verhandl. d. Naturf.-Gesellschaft zu Freiburg i. B. VII. 4.

Von société Hollandaise des sciences à Haarlem: Archives Néerlandaises XIV 1—5. XV 1. 2; Programme pour 1880.

Archives du Musée Tayler. Haarlem. V. 2.

Bulletin de la société Vaudoise des sciences naturelles à Lausanne. 2. S. XVI. 82. 83.

Von Koninklijke Akademie van Wetenschappen, Amsterdam: Verslagen an Mededeelingen, Afdeeling Natuurkunde, tweede reeks, XIV. Processen-verbaal 1878—79.

Schriften der Naturf.-Gesellschaft in Danzig N. F. IV. 4.

Vom Government of Victoria, Melbourne: The Aborigines of Victoria. I. II.

Jahresbericht d. Physikal. Vereins zu Frankfurt a. M. 1878/79.

Transactions of the American medical association. Philadelphia, XXX.

XI. Jahresbericht d. Gr. Bad. meteorolog. Centralstation Karlsruhe.

VI. Bericht des Vereins für Naturkunde in Fulda.

Jahresbericht d. Vereins f. Naturwissensch. z. Braunschweig 1879/80.

Botanisches Centralblatt von O. Uhlworm, Leipzig, I. Quart. 1880.

Proceedings of the Academy of natural sciences of Philadelphia, 1879.

Transactions of the Academy of science of St.-Louis. IV. 1.

Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences at Boston. N. S. VII.

Annual report of the Smithsonian Institution. 1878. Washington.

Robinski: De l'influence des eaux malsaines sur le développement du typhus exanthématique.

Vom Naturw. Verein zu Hamburg: Abhandlungen. VII. 1.

Vom Naturw. Verein zu Hamburg-Altona: Verhandlungen. N. F. IV.

Von der Académie des sciences, inscriptions et belles lettres de Toulouse: Mémoires VIII. S. I. 1. 2. Table alphabétique de la VII Série.

Von der Dublin Society: Scientific transactions, N. S. I. 1—12. II. 1 (1—3). Scientific proceedings, N. S. I. 1—3. II. 1—6.

Tafel IV.

+ Versuche mit Stickstoff.

Affinitätscoefficient

Verbrennungstemperatur

Tafel III.

+ Versuche zu I, II, IV, VI, IX, X.
⊙ Versuche zu V, VII, VIII.
⊛ Versuche zu I.
AA beob. } Curven für die Versuche
BB ber. } mit Kohlenoxyd u. Knallgas.

IX mit halbem Maximum

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.

Lith. Anst. v. Wagner u. Debes, Leipzig.

Tafel 2

160 170 180 190 200 210 220 230

160 170 180 190 200 210 220 230

160 170 180 190 200 210 220 230

220 230 240 250 260 270 280 290 300

220 230 240 250 260 270 280 290 300

120 130 140 150 160 170 180 190

120 130 140 150 160 170

230 240 250 260 270 280 290 300

Lith. Anst v. Wagner & Debes, Leipzig.

Tafel 3.

110 120 130 140 150 160 170

200 210 220 230 240 250 260 270 280

220 230 240 250 260 270 280 290 300

Lith. Anst. v. Wagner & Debes, Leipzig.

Fig. 1.

γ nach den Vers. ohne CO_2.
MM Mittelcurve für γ.

a 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7

Fig. 2.

γ für a'.
Vers. mit CO_2.

a 0,2 0,3 0,4

Fig. 3.

γ für a'.
Vers. mit CO_2.

a 0,2 0,3

Fig. 4.

+ γ für a''. } Vers. mit CO_2.
⊙ γ für a'. }
M, M Mittelcurve für γ.

a 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6

1. 3 2. 6 4. 5. 7 10. 9. 8

C. Winter. Heidelberg.

1.

3.

2.

4.

5.

6.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg.

B

Nussloch

W

Heidelberger Strasse

W + A

A

D

L

Rhein - Ebene

Nusslocher Stollen

T

Postweg Stollen

Max Stollen

L

T

Altenberger Zechenhaus

N

N.

O.

W.

S.

L

L

N

Stadt Wiesloch

K

Lith. Anst. v. C Welsbacher Darmstadt

Skizze der
Erz - Lagerstätte IV
im Kobelsberg bei Wiesloch.
Gez. von Dr. Adolf Schmidt. 1880.
Nach Grubenrissen
Masstab 1:2000.

o Schächte
— Klüfte
Das Schraffirte ist Erz

N. W. O. S.
32 27
a b c d
Friedrich Stollen
Weg über Tage

Vertikal Schnitt
nach a-b
1: 2000 n. Gr.

Löss
Erzführender Kalk
Horizont des Friedr. Stollen Mundlochs
Muschelkalk

Vertikal Schnitt
nach c. d.
1: 2000 n. Gr.

Löss
Horizont d. Friedr. Stollen Mundlochs
Erzführender Kalk
Muschelkalk

Lith. Anst. v. C. Welzbacher Darmstadt
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg

Fig. 2. Geognost Durchschnitt des Gebirges östlich von Wiesloch
Masstab: horizontal 1 : 20.000. vertikal 1 : 8.000

Lith. Anst. v. C. Welsbacher Darmstadt

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg